جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للمناهج



الفيزياء

للصف الرابع العلمي

تأليف

أ.د. قاسم عـزيز محمد   أ. ضياء عبد علي تويــج   أ. د. حازم لويس منصور

أ.م.هدى عبد الهادي مهدي   انتصارعبد الرزاق العبيدي   خـــالدة كـــاطع حســن

صباح راهي مجيد



الطبعة العاشرة

١٤٤٠هـ / ٢٠١٩م

المشرف العلمي على الطبع : خالدة كاطع حسن

المشرف الفنــي على الطبع : محمد سعدي عزيز



www.manahj.edu.iq
manahjb@yahoo.com
Info@manahj.edu.iq



استناداً الى القانون يوزع مجاناً ويمنع بيعه وتداوله في الاسواق



مقدمة

عزيزي الطالب .....عزيزتي الطالبة

يشكل هذا الكتاب دعامة من دعائم المنهج المطور في الفيزياء والذي يعمل على تحقيق اهداف علمية وعملية تواكب التطور العلمي في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ،كما يحقق هذا الكتاب ربطا للحقائق والمفاهيم التي يدرسها الطالب بواقع حياته اليومية المجتمعية.

ان هذا المنهج يهدف الى الموضوعات الآتية:

- توضح العلاقة بين العلم والتكنولوجيا في مجال العلوم وتأثيرها على التنمية وربطها بالحياة العملية.
- اكساب الطالب منهجية التفكير العلمي والانتقال به من التعليم المعتمد على الحفظ الى التعلم الذاتي الممتزج بالمتعة والتشويق .
- محاولة تدريب الطالب على الاستكشاف من خلال تنمية مهارات الملاحظة والتحليل والاستنتاج والتعليل .
- اكساب الطالب المهارات الحياتية والقدرات العلمية التطبيقية .
- تنمية مفهوم الاتجاهات الحديثة في الحفاظ على التوازن البيئي عمليا وعالميا.

يضم هذا الكتاب تسعة فصول هي (الفصل الاول – مَعلَماتْ رئيسة في الفيزياء والفصل الثاني – الخصائص الميكانيكية للمادة والفصل الثالث – الموائع الساكنة والفصل الرابع – الخصائص الحرارية للمادة والفصل الخامس – الضوء والفصل السادس – انعكاس وانكسارالضوء والفصل السابع –المرايا والفصل الثامن – العدسات الرقيقة والفصل التاسع – الكهرباء الساكنة (المستقرة). ويحتوي كل فصل على مفاهيم جديدة مثل هل تعلم، تذكر ، سؤال ، فكر بالاضافة الى مجموعة كبيرة من التدريبات والانشطة المتنوعة ليتعرف الطالب من خلالها على مدى ما تحقق من اهداف ذلك الفصل .

نسأل الله عز وجل ان تعم الفائدة من خلال هذا الكتاب، وندعوه سبحانه ان يكون ذلك أساس عملنا والذي يصب في حب وطننا والانتماء اليه والله ولي التوفيق .

نقدم الشكر والتقدير لكل من الاستاذ الدكتور محمد صالح مهدي والأختصاصي التربوي محمد حمد العجيلي لمراجعتهم العلمية للكتاب كما نقدم الشكر والتقدير لكل من المدرس سعيد مجيد العبيدي والمدرس رافد يحيى لمساهمتهم العلمية في الكتاب .

المؤلفون

الفصل الاول

1

مَعلَمات رئيسة في الفيزياء

1-1 القياس Measurement

ترتكز العلوم بصورة عامة والفيزياء بصورة خاصة على القياس .فالمفاهيم الفيزيائية مثل الكتله ، المسافة ، الزمن ، السرعة ، القوة ، الضغط ، المساحة ، درجة الحرارة هي كميات فيزيائية تتحدد بذكر قيمتها العددية ووحدة قياسها لبيان مقاديرها وكان ادخال القياس في التجارب عاملاً اساساً في تقدم علم الفيزياء وتطوره بسرعة .

على الرغم من اهمية حواس الانسان كدلالة للقياس إلا انها محدودة في مداها وصحتها ودقتها. فأحساسنا بالزمن تكوَّنَ لدينا من ادراكنا لما مضى ، وما نحن عليه الان ، علماً ان اجسامنا مزودة بمقياس طبيعي للتوقيت إلا وهو القلب بنبضاته المنتظمة تقريباً والمستمرة طيلة الحياة .

فاليوم هو زمن دورة الارض الكاملة حول محورها. والسنة هي زمن دورتها الكاملة حول الشمس وتعاقب الليل والنهار وتعاقب فصول السنة تعد مقاييس طبيعية للزمن. فاحساسنا بالزمن هو نتيجة لوعينا وادراكنا لما حولنا من مادة وحركة.

ولقد تعرفت في دراستك السابقة على الابعاد والكتل لبعض من مكونات هذا الكون لتدرك عظمة الخالق في خلق هذا الكون الهائل وما يحتويه من اجسام في غاية الكبر وجسيمات في غاية الصغر .

2-1 النظام الدولي للوحدات International system of units

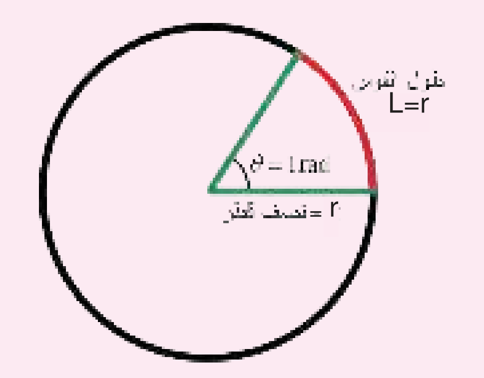
النظام الدولي للوحدات (SI) مختصر للعبارة الفرنسية System International Unites هو امتداد وتشذيب للنظام المتري التقليدي ويشمل سبع وحدات اساس كما موضحة في الجدول(1)

	الكمية	quantity	الوحدة	unit	رمز الوحدة
جدول رقم (1) وحدات النظام الدوليSI					
1	الطول	length	متر	meter	m
2	الكتلة	mass	كيلوغرام	kilogram	kg
3	الزمن	time	ثانية	second	s
4	التيار الكهربائي	electrical current	أمبير	ampere	A
5	كمية المادة	amount of substance	مول	mole	mol
6	درجة الحرارة	temperature	كلفن	kelvin	K
7	قوة الاضاءة	luminous intensity	الكانديلا (شمعة)	candela (candle)	cd

ونظام (SI) يعد اكثر ملائمة للحياة العملية من اي نظام آخر ويعد هذا النظام عشرياً بحيث ترتبط الوحدات فيما بينها بأسس عشرية بسيطة تجعل الحسابات التي تشتمل على اي عدد منها حسابات بسيطة لا تحتاج الى جهد وان لكل كمية في هذا النظام وحدة قياس واحدة فقط . ويمكن الحصول على اجزائها ومضاعفاتها بوضع بادئة تسبق اسم هذه الوحدة وان مضاعفات الوحدات المستعملة تكون بخطوات كل منها 10^3 وان اجزائها تكون بخطوات كل منها 10^{-3} لاحظ جدول البادئات رقم (3) وهناك وحدات تكميلية للوحدات الاساس تدعىSupplementary Units الموضحة في جدول رقم (2)

الكمية	Quantity	الوحدة	Unit	رمز الوحدة
جدول رقم (2) الوحدات التكميلية للنظام الدولي Supplementary Units				
الزاوية المستوية	plane angle	زاوية نصف قطرية	radian	rad
الزاوية المجسمة	solid angle	زاوية نصف قطرية مجسمة	steradian	sr

الزاوية نصف القطرية : هي الزاوية المركزية المقابلة لقوس طوله يساوي نصف قطر الدائرة



∴ محيط الدائرة يقابل زاوية نصف قطرية $(2\pi\ rad)$

$$\frac{2\pi r}{r} = 2\pi\ rad$$

$$1rad = \frac{360°}{2\pi} = 57.3°$$

الزاوية المجسمة : هي الزاوية المركزية المجسمة التي تقابل جزء من سطح كروي مساحته بقدر مربع نصف قطر تلك الكرة وتقدر بوحدات Sr

$$\frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi\ \ Sr$$

جدول (3) بعض اجزاء ومضاعفات النظام الدولي SI بادئات النظام الدولي $(Prefixes)$

البادئة	prefix	الرمز		
تيرا	tera	T	10^{12}	
كيكا	giga	G	10^{9}	
ميكا	mega	M	10^{6}	$1Mm=10^{6}m$
كيلو	kilo	k	10^{3}	$1km=10^{3}m$
سنتي	centi *	c	10^{-2}	
ملي	milli	m	10^{-3}	$1mA=1\times10^{-3}A$
مايكرو	micro	μ	10^{-6}	$1\mu\ C=1\times10^{-6}C$
نانو	nano	n	10^{-9}	$ns=10^{-9}\ s$
بيكو	pico	P	10^{-12}	$1PC=1\times10^{-12}C$
فيمتو	femto	f	10^{-15}	$1fm=1\times10^{-15}m$

* ليست من وحدات النظام الدولي

3-1 اخطاء القياس Measurement errors

معظم العلوم تعتمد على التجربة الدقيقة لتحقيق نظرياتها . لذلك فمن الضروري ايجاد وسائل دقيقة للتعامل مع القياسات واستنباط الحقائق منها وتقليل الاخطاء التجريبية .وتعتمد دقة القياسات الفيزيائية على دقة اجهزة القياس المستعملة وعلى مهارة وخبرة المجرب وظروف عمل التجربة. فعدم الدقة في القياسات يعود الى مصادر الاخطاء في القياس ومنها.

1 - اخطاء الاجهزة وادوات القياس المستعملة:

هناك الاخطاء ناتجة من عدم دقة تدريج الجهاز نتيجة لرداءة صنع الجهاز او لمعايرته غير الصحيحة. وبعضها تتغير قراءته التدريجية بسبب الظروف المحيطة بالجهاز او مع عمر الجهاز .كذلك يتوقف خطأ الجهاز او آلة القياس على دقة قراءته الصغرى (القراءة الصغرى لتدريجه) فمثلاً القراءة الصغرى للمسطرة المترية (1mm) بينما القراءة الصغرى للمايكرومتر (0.01mm) .لذلك فاحتمال الخطا في قياس ابعاد جسم صغير بالمسطرة كبير جداً مقارنة بالخطأ الحاصل باستعمال المايكرومتر. ان تكرار الملاحظات والقياسات بالاجهزة ذات المواصفات اعلاه لا يساعدعلى تقليل الخطأ.

وعند ذكر نتيجة أي كمية مقاسة يجب ذكر حدود الخطأ فيها . فعند قياس الطول مثلاً بآلة قياس دقتها (0.1mm) وكان طول الجسم المقاس (1.32cm) فاحتمال الخطأ من جهتي آلة القياس قد يصل الى (0.2mm) فالطول الحقيقي قد يتخذ $1.32cm \pm 0.02$



2 - اخطاء شخصية :

وهي اخطاء يرتكبها الشخص بسبب قلة خبرته بالقراءة او عند نقله المعلومات وتعتمد على معرفته بالاجهزة والاستعمال الصحيح لها . اضافة الى بعض الاخطاء الخارجة عن ارادة الشخص بسبب الظروف المحيطة به ، وهذه الاخطاء العشوائية هي الوحيدة التي يمكن معالجتها وتصحيحها بالقياسات المتكررة ، ويمكن معاملتها بسهولة بطرائق احصائية وابسطها هو ايجاد متوسطها الحسابي ، فهو خير تخمين للقيمة الحقيقية.

تذكر عزيزي الطالب ان خطأ صغير في القياس (قياس موقع على خارطة بمسطرة مثلاً) قد يؤدي الى خطأ كبير بالبعد الحقيقي.

4-1 الرسوم البيانية Graphs

تعد الرسوم البيانية من الطرائق المفضلة للحصول على المتوسط الحسابي لعدد من القراءات بصورة جيدة.ولتوضيح العلاقة بين متغيرين تجريبياً يفضل رسم تخطيط بياني . ويمكن استعمال الرسم البياني في كثير من الحالات لأستنباط علاقة رياضية تربط هذين المتغيرين ، اضافة الى تحديد قيم الثوابت من الرسم البياني.

عزيزي الطالب تعلمت من درس الرياضيات كيفية رسم الخط البياني وتعلمت ايضاً شكل التخطيط البياني من المعادلة الرياضية التي تربط بين متغيرين .

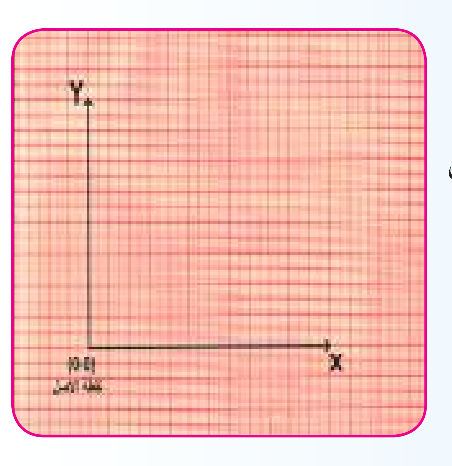
لرسم تخطيطاً بيانياً يتطلب الاتي :

1 - تحديد نقطة الاصل في موقع ملائم على الورقة البيانية .(0.0)

2 - رسم المحورين المتعامدين من نقطة الاصل فالمحور الافقي يمثل بـ(x) x-axi والمحور العمودي عليه يمثل بـ (y) y-axis لاحظ الشكل (1-1).

3 - يتم اختيار مقياس رسم ملائم لكل احداثي على حدة او للاحداثيين معاً وحسب القراءات التي تم الحصول عليها لغرض الاستفادة من الورقة البيانية المتوفرة لديك.

4 - يفضل استعمال الارقام الزوجية لتدريجات مقياس الرسم



شكل (1-1)

تطبيقات في كيفية رسم الخط البياني من تجارب عملية :

سيارة تسير بانطلاق ثابت وتقطع المسافات المذكورة في الجدول الآتي بالازمان المقابلة لها . جد انطلاق السيارة بـ km/h بيانياً.

المسافة d	km	20	40	60	80	100
الزمن t	h	0.25	0.5	0.75	1	1.25

لرسم الخط البياني للقراءات الواردة اعلاه نتبع الخطوات الآتية :

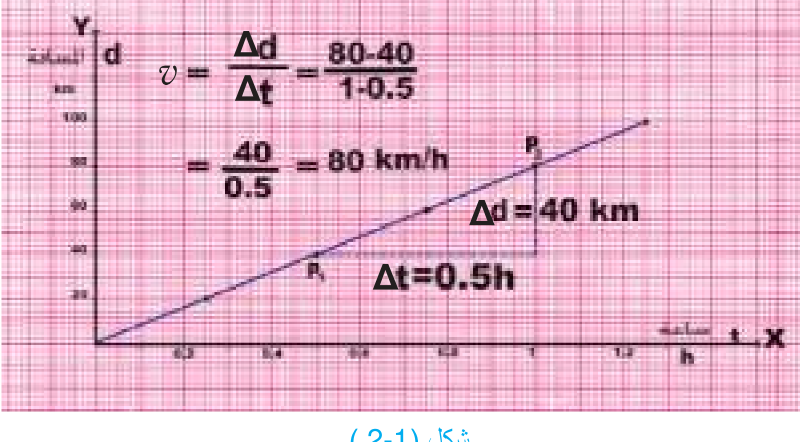
1. نحدد نقطة الاصل (0.0) على الورقة البيانية . ومنها يتم رسم خطين متعامدين يمثلان المحورين (x,y).

2. يحدد مقياس الرسم لكلا المحورين .

a . المحور (y) يمثل المسافة (d) ويعد كل مربع منه يمثل 20 km.

b.المحور (x) يمثل الزمن (t) ونعتبر كل مربع منه يمثل $0.1\ h$.

3. يتم تحديد كل نقطة على الورقة البيانية من معرفة احداثياتها (x,y) كما في الشكل (1-2) .



شكل (1-2)

4. نرسم خطاً بيانياً يمر بتلك النقاط. فاذا حصلنا على خط مستقيم يمر بنقطة الاصل، فالمعادلة التي تربط المسافة d بالزمن t شبيه بمعادلة الخط المستقيم التي يعبر عنها بالمعادلة التالية : $m=\frac{\Delta y}{\Delta x}$

حيث ان m تمثل ميل الخط المستقيم *Slope* .

ويمكن الحصول عليه باخذ نقطتين على الخط المستقيم مثلاً p_1,p_2 كما في الشكل $(1\text{-}2)$.

في هذا المثال يمثل ميل الخط المستقيم انطلاق السيارة (v) ويمكن حسابه من العلاقة الآتية

$$v = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = m$$

$$v = \frac{80-40}{1-0.5} = \frac{40}{0.5} = 80\ km/h$$

1-5 التغير الطردي والتغير العكسي للكميات الفيزيائية

التغير الطردي direct proportion

يقال لكمية (a) بأنها تتغير تغيراً مباشراً مع كمية اخرى (b) ، اذا أعتمدت الكميتان احداهما على الاخرى بحيث اذا تغيرت (b) فأن (a) تتغير بالنسبة نفسها.

اي ان:
$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2} = \frac{a_3}{b_3} = \dots\dots\dots = \frac{a}{b} = constant$$

كمية ثابتة = constant

فأذا رمز للتغير بالرمز α يمكن وضع هذا التغير بصورة رياضية

$$a \ \alpha \ b \quad \Leftrightarrow \quad a = k\,b$$

حيث k كمية ثابتة وهي تمثل ثابت التناسب.

يطلق على هذا التغير بالتناسب او التغير الطردي direct proportion.

مثال1

قطار يتحرك بانطلاق ثابت (v) . وان المسافة التي يقطعها القطار (d) تتغير طردياً مع الزمن (t) الذي يستغرقه القطار لقطع تلك المسافة . فاذا كانت المسافة المقطوعة في ساعتين $(160km)$ ما الزمن اللازم للقطار لقطع مسافة $(400km)$.

الحل : المسافة تتغير مع الزمن

$$d \alpha t \quad \Leftrightarrow \quad d = kt$$

حيث k تمثل ثابت التناسب وهنا يمثل انطلاق القطار الثابت

العلاقة توضح ان المسافة التي يقطعها القطار تساوي حاصل ضرب الزمن في كمية ثابتة

(الكمية الثابتة في هذا المثال هو انطلاق القطار)

$$160km = k \times 2h$$

$$k = \frac{160km}{2h} = 80km/h$$

ولأيجاد الزمن اللازم لقطع $(400km)$ نطبق العلاقة:

$$d = k\,t$$

$$400 = 80t$$

$$t = \frac{400}{80} = 5h$$

أو طريقة أخرى للحل

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{d_2}{t_2}$$

$$\frac{160}{2} = \frac{400}{t_2}$$

$$t_2 = \frac{2 \times 400}{160}$$

$$t_2 = 5h$$

في بعض الاحيان تكون الكمية الفيزيائية معتمدة على اكثر من متغير كما موضح في المثال الآتي:

مثال2

يتغير حجم اسطوانة قائمة (V) تبعاً لمربع نصف قطر قاعدتها (r^2) بثبوت الارتفاع (h) و يتغير حجمها تبعاً للارتفاع بثبوت نصف القطر . فأذا كان نصف قطر القاعدة $(14cm)$ والارتفاع $(10cm)$ يصيرحجم الاسطوانة $(6160cm^3)$. جد ارتفاع الاسطوانة عندما يكون حجم الاسطوانة $(3080cm^3)$ ونصف قطر قاعدتها $(7cm)$.

الحل:

$V \alpha r^2$ (بثبوت الارتفاع h)

$V \alpha h$ (بثبوت نصف القطر r)

$$V \alpha r^2 h \Leftrightarrow V = k r^2 h$$

حيث k تمثل ثابت التناسب

تجد قيمة k بالتعويض

$$6160cm^3 = k \times 14cm \times 14cm \times 10cm$$

$$\therefore k = \frac{6160}{14 \times 14 \times 10} = \frac{22}{7} = \pi$$

فثابت التناسب k هو النسبة الثابتة وهذا معناه ان

حجم الاسطوانة = مساحة القاعدة × الارتفاع

$$V = \pi r^2 h$$

$$\therefore 3080\ cm^3 = \frac{22}{7} \times (7cm)^2 \times h$$

$h=20cm$ ارتفاع الاسطوانة

التغير العكسي Inverse proportion

يقال لكمية a انها تتغير عكسياً تبعاً لكمية اخرى b . عندما تتغير طردياً بصورة مباشرة مع مقلوب الكمية b.

ويمكن كتابتها بصيغة رياضية

$$a \;\alpha\; \frac{1}{b} \iff a = k\,\frac{1}{b}$$

حيث k تمثل ثابت التناسب

ولتوضيح ذلك نشتق معادلة الغاز المثالي من خلال المثال الآتي:

مثال

لقد وجد عملياً ان حجم كتلة معينة من غاز (V) يتغير طردياً مع درجة الحرارة المطلقة absolute temperature (T) عند ثبوت الضغط (P) وهذا هو قانون شارل Charle's law

$V \,\alpha\, T$ (بثبوت الضغط P)

وان حجم كتلة معينة من غاز (V) تتغير عكسياً مع الضغط المسلط عليها(P) عند بقاء درجة الحرارة ثابتة(T) وهذا هو قانون بويل Boyl's law

$V \alpha\, 1/p$ (بثبوت درجة الحرارة T)

وعند تغيير كلاً من درجة الحرارة والضغط فان الحجم يتغير وفق العلاقة الآتية

$V \,\alpha\, T/p \iff V = k\,T/p$

$pV = kT = nRT \Rightarrow$ $\boxed{pV = nRT}$

حيث k ثابت التناسب وهو يساوي الى nR حيث R هو الثابت العام للغازات $R=8.314 J.mol^{-1}.k^{-1}$

و n عدد مولات الغاز .

تذكر

- العلاقة الآتية $y=2x$: فان y تتغير مع x تغيراً خطياً طردياً والخط البياني المستقيم يمر من نقطة الاصل .
- العلاقة الآتية $y=2x+a$ فان y تتغير مع x تغيراً خطياً طردياً والخط البياني المستقيم لا يمر من نقطة الاصل عندما $a \neq 0$

أسئلة

اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي:

1 - الزاوية نصف القطرية (radian) هي الزاوية المركزية المقابلة لقوس طوله :

a- نصف قطر الدائرة .
b- قطر الدائرة .
c- نصف محيط الدائرة .
d- محيط الدائرة .

2 - محيط الدائرة يقابل :

a- π من الزوايا نصف القطرية
b- 2π من الزوايا نصف قطرية
c- 3π من الزوايا نصف القطرية
d- زاوية نصف قطرية واحدة

3 - مساحة الكرة السطحية تقابل :

a- π Sr
b- 2π Sr
c- 3π Sr
d- 4π Sr

4 - احدى الكميات الفيزيائية الاتية تقاس بوحدة الامبير هي:

a- فرق الجهد الكهربائي.
b- المقاومة.
c- التيار الكهربائي.
d- القدرة الكهربائية.

5 - الملمتر المربع يساوي :

a- $10^{-2}m^2$
b- $10^{-6}m^2$
c- $10^{-4}m^2$
d- $10^{-3}m^2$

6 - اذا تغيرت x طرديا تبعا لــ y وكانت $x=8$ عندما $y=15$ فأن مقدار x عندما $y=10$ هو:

a- $\frac{7}{3}$
b- 2
c- $\frac{16}{3}$
d- 3

1 اسئلة الفصل الاول

7 - اذا تغيرت x عكسيا مع y فاذا كانت $x=7$ عندما $y=3$ فان مقدار x عندما $y=\frac{7}{3}$ تساوي:

a- 7 c- $\frac{10}{3}$

b- 9 d- 6

8 - الزاوية نصف القطرية التي مقدارها $1rad$ ، تقابل زاوية قياسها يساوي :

a- $57.3°$ c- $\frac{90°}{\pi}$

b- $\frac{360°}{\pi}$ d- 1^{o}

9 - ان مقدار العدد (5) المرفوع للاس صفر (5^0) يساوي :

a- 5 c- 1

b- صفر d- ما لانهاية

10 - اذا كانت العلاقة الرياضية التي تربط المتغيرين x,y هي $y=2x+5$ فان y تتغير تغيراً :

a- خطياً طردياً مع x ويمر بنقطة الاصل. c- خطياً طردياً مع x لايمر بنقطة الاصل.

b- عكسياً مع x d- غير خطي مع x

11 - اذا كانت العلاقة الرياضية التي تربط المتغيرين x,y هي $y=mx$ فان y تتغير تغيراً :

a- خطياً طردياً مع x لايمر بنقطة الاصل. c- غير خطي مع x

b- عكسياً مع x d- خطياً طردياً مع x ويمر بنقطة الاصل.

الفصل الثاني
2

الخصائص الميكانيكية للمادة
Mechanical properties of materials

مقدمة

ان الخواص الميكانيكية للمادة ترتبط بسلوكها وذلك عند تاثير قوى خارجية فيها . ومن المعلوم ان للمادة ثلاث حالات هي الصلبة والسائلة والغازية, على وفق القوى الجزيئية والطاقة الحركية للجزيئات والمسافات البينية بينها. كما توجد حالة اخرى للمادة تسمى البلازما

وان الغازات لا تحتفظ بشكلها ولا بحجمها ثابتاً عند تاثير قوى خارجية فيها ، اما المواد السائلة فتحتفظ بحجمها ثابتا بينما لا تحتفظ بشكلها . و ان تاثير القوى الخارجية في المواد الصلبة يسبب حدوث تشوه *(Deformation)* فيها أي يحصل تغيير في شكلها ويعتمد هذا التشوه على عوامل عدة من اهمها:

1- مقدار القوة الخارجية المؤثرة في الجسم .
2- ابعاد الجسم .
3- المادة المصنوعة منها .

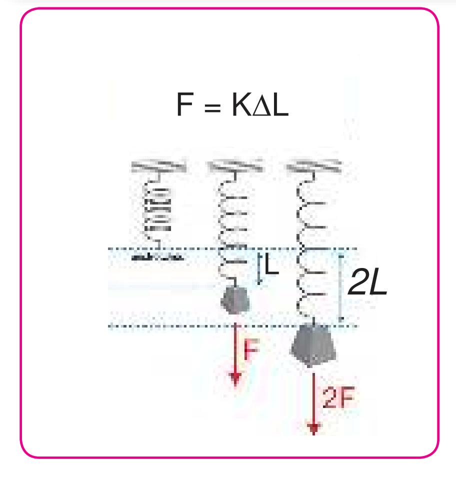
لدراسة الخواص الميكانيكية للمواد اهمية كبيرة لما لها من دور فعال في التطور التكنولوجي حيث يتم تصنيع مواد صناعية جديدة غير موجودة في الطبيعة كالالياف الصناعية والتي تمتاز بتحملها لاجهادات عالية بالرغم من خفة وزنها .لذا فتحت الافاق لتطبيقات صناعية وانشائية واسعة مثل :

1- التطبيقات الصناعية : كصناعة علب الغاز المضغوط والاطارات وهياكل وسائط النقل خاصة هياكل واجنحة الطائرات فضلاً عن الصناعات الانشائية المختلفة والادوات الرياضية .

2- التطبيقات الفضائية : كتصنيع اجزاء كثيرة من الصواريخ والمركبات الفضائية وخزانات الوقود .

1-2 مفهوم المرونة وقانون هوك

أذا سحبت حبل من المطاط بقوة من طرفيه فأنه يقاوم المط ولكن طوله يتمدد متأثرا بالقوة. عند تركه يرجع الى طوله الاصلي وأذا علق سلك من الفولاذ من احد طرفيه وعلق في طرفه السائب ثقل فأنه يستطيل قليلا بعد فترة من الزمن فاذا زال الثقل عاد السلك الى طوله الاصلي.



شكل (1-2)

و تفسير ذلك: ان السلك الذي يعلق به ثقل ما يقاوم هذه القوه الخارجية المؤثره فيه بقوه منشؤها قوى التجاذب الجزيئي بين جزيئات المادة نفسها التي تظهر نتيجة حدوث التغيير في شكل الجسم أو طوله وهذه القوى الجزيئية تحاول أعادة الجسم الى حالته الاصلية بعد زوال القوى المؤثرة.لاحظ الشكل (1-2) .أذاكُبسَ غاز أو سائل فأنهما يقاومان تغيير حجمهما (السائل يقاوم اكثر) فأذا زال الضغط عنهما رجعا الى حجمهما الاصلي.

وقد وجد العالم روبرت هوك العلاقة بين القوة المؤثرة في سلك ومقدار التغير الحاصل في طوله(Hook's law) . ولبيان مفهوم هذه العلاقة نجري النشاط التالي:

نشاط: مفهوم المرونة

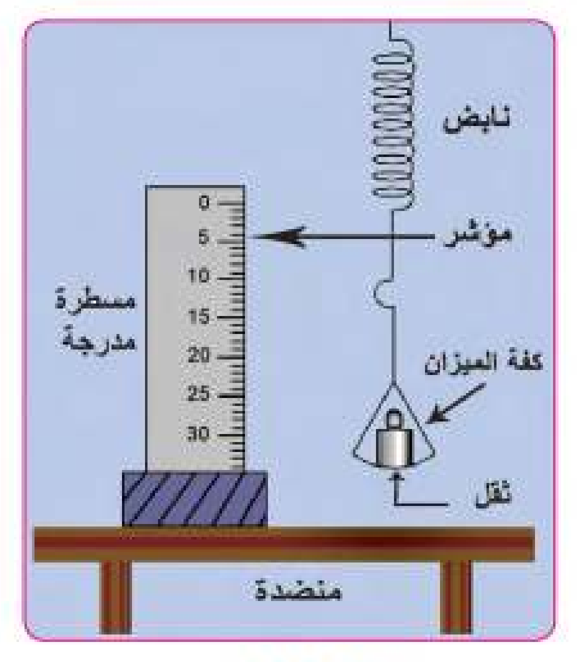
ادوات النشاط : نابض حلزوني، اثقال متساوية مقدار كل منها $0.1N$، حامل حديد ، مسطرة مدرجة، ورقة.

الخطوات :

- رتب الادوات كما في الشكل (2-2)

نعلق النابض الحلزوني شاقوليا بحامل الحديد ونؤشر على الحلقة الاخيرة السفلى منه على ورقة خلف النابض

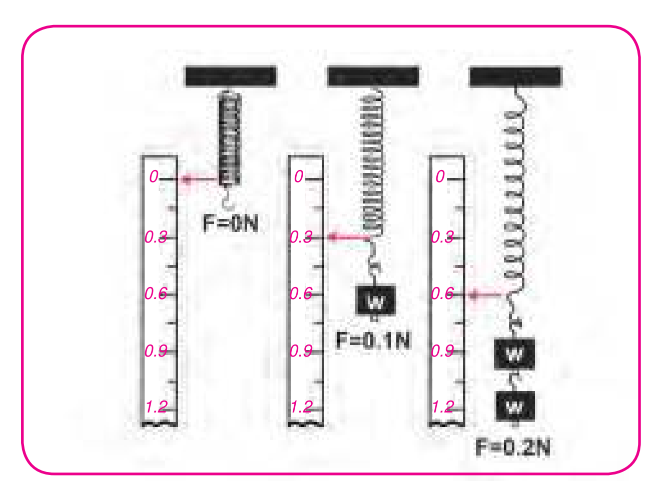
- نعلق ثقل مقداره $0.1N$ ونسجل الزيادة الحاصلة في طول النابض



شكل (2-2)

- نعلق ثقل اخر ليصير المقدار الكلي للثقل المعلق $0.2N$. نلاحظ ان الزيادة في طول النابض تصبح ضعف الزيادة السابقة لاحظ الشكل (3-2) .

- نكرر العملية باستعمال اثقال عدة وبالتتابع .



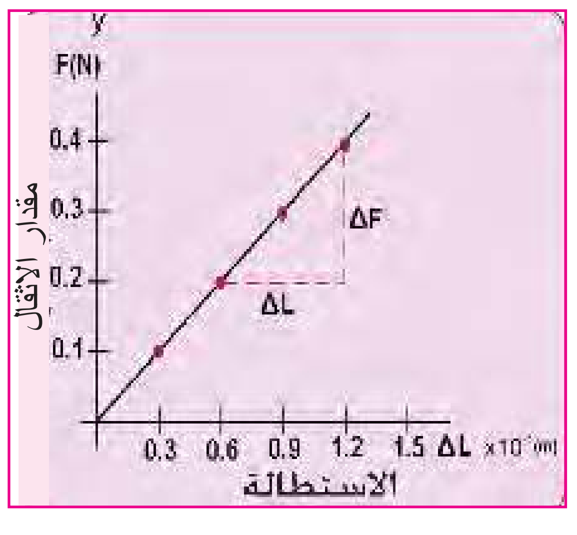
شكل (3-2)

■ ندرج القراءات التي حصلنا عليها كما موضحة في الجدول (1) .

الجدول (1)

القوة$F (N)$	الزيادة الحاصلة في الطول $\Delta L \times 10^{-2} m$
0	0
0.1	0.3
0.2	0.6
0.3	0.9
0.4	1.2

■ نرسم العلاقة البيانية بين مقدارالاثقال والزيادة الحاصلة في طول النابض (الاستطالة) على ورقة رسم بياني (على فرض اهمال كتلة النابض).نحصل على علاقة خطية بيانية بين الاثقال والاستطالة كما في الشكل (4-2). نستنتج من هذا الشكل ، ان الزيادة الحاصلة في طول النابض تتناسب طرديا مع قوة الشد ضمن حدود المرونة.



شكل (4-2)

أي ان :

قوة الشد = ثابت مرونة النابض × الاستطالة

$$F = k\,\Delta L$$

حيث ان :

F : هي قوة الشد (Tensile force) التي سببت استطالة النابض .

ΔL : مقدار الاستطالة

k : ثابت مرونة النابض ، وقيمته تمثل ميل الخط المستقيم ويقاس بوحدة N/m وتكون قيمته ثابتة لاتتغير الا بتغير شكل النابض او المادة المصنوع منها.ونلاحظ من هذا النشاط ان النابض يعود الى وضعه السابق فور زوال القوة.

وبذلك نستطيع القول ان : المرونة هي الاعاقة التي يبديها الجسم للقوة المغيرة لشكله او حجمه او طوله مع رجوعه الى وضعه السابق بعد زوال ذلك المؤثر .

ويتصف الجسم المرن بما ياتي :

- يعود الى شكله او حجمه او طوله السابق بعد زوال تاثير القوة عنه.
- يتناسب التشوه الحاصل فيه تناسباً خطياً مع القوة المسببة له ضمن حدود المرونة.

حد المرونة :

حد المرونة: هو الحد الذي اذا اجتازته القوة المؤثرة لايعود الجسم الى ماكان عليه بعد زوال تلك القوة، لذا يقال عن هذا الجسم انه حدث فيه تشوه دائمي *(Permanent Deformation)*.

2-2 الاجهاد والمطاوعة Stress and Strain

يعبر عن الاجهاد بانه: مقدار القوة العمودية المؤثرة في وحدة المساحة من الجسم.

فلو اثرت قوة في الجسم محدثة فيه تشوه (تغيرا في الشكل او الحجم او كليهما) عندئذ يقال ان الجسم قد تعرض الى اجهاد ويقاس الاجهاد بوحدات N/m^2.

تختلف الاجهادات في المواد التي تؤثر فيها القوة في الجسم وفيما يلي بعض انواع الاجهاد:

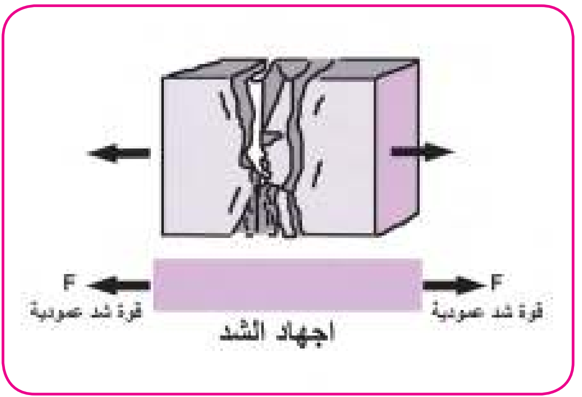
1- الاجهاد الطولي :

وهو الاجهاد الذي يسبب تشوهاً في طول الجسم كما هو الحال للنابض الذي مر ذكرهُ في النشاط السابق

ويكون هذا الاجهاد على نوعين هما:

a - اجهاد الشد Tensile stress

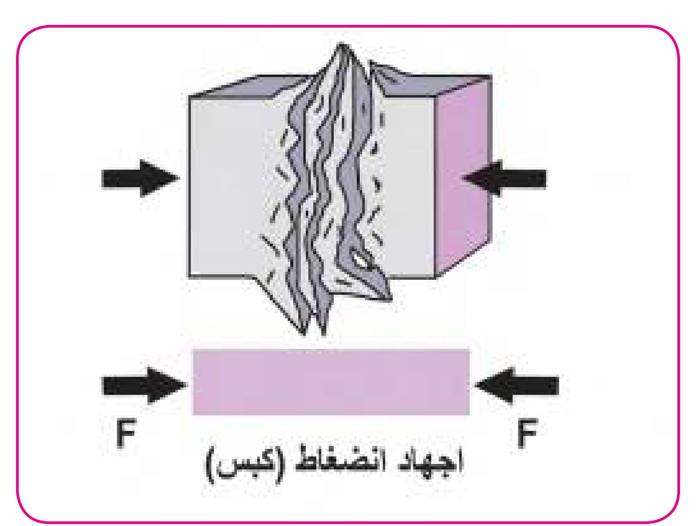
وهو الاجهاد الذي يسبب تشوها في طول الجسم عندما تؤثر قوتا شد عمودياً في سطحين متقابلين يؤدي بالنتيجة الى زيادة في الطول (استطالة). لاحظ الشكل (2-5)



شكل (2-5)

b - اجهاد الكبس Compressive stress

عندما تؤثر قوتان بصورة عمودية في الجسم باتجاه الداخل فتسبب له انضغاطا(نقصان في الطول) لاحظ الشكل (2-6)



شكل (2-6)

ويمكن تعريف الاجهاد الطولي من خلال العلاقة الرياضية الاتية:

$$\text{الاجهاد الطولي} = \frac{\text{المركبة العمودية للقوة المؤثرة في السطح}}{\text{مساحة السطح الذي تؤثر فيه القوة}}$$

2- أجهاد القص (Shear stress)

اذا وضعت يدك على كتاب موضوع على سطح منضدة خشنةودفعته بقوة مماسية لسطحه نلاحظ حدوث تشوه في شكل الكتاب لاحظ الشكل (2-7).



شكل (2-7)

ويمكن تعريف اجهاد القص من خلال العلاقة الرياضية الاتية:

$$\text{اجهاد القص} = \frac{\text{مركبة القوة المماسية للسطح}}{\text{مساحة السطح الذي تؤثر فيه القوة}}$$

المطاوعة Strain

تعرف المطاوعة بانها مقياس لمقدار تشوه المادة(تغيرا في الشكل او الحجم) نتيجة الاجهاد الذي تعرضت له.

وان نوع المطاوعة يتوقف على نوع الاجهاد الذي يتعرض له ، وانواع المطاوعة هي:

1- المطاوعة الطولية Longitudinal strain

عند استطالة الجسم او انضغاطه يتغير شكله من غير تغير في حجمه لاحظ الشكل $(8-2)$

اذ يتغير الطول الاصلي L_o بمقدار ΔL

لذا تعرف المطاوعة الطولية على النحو الاتي:

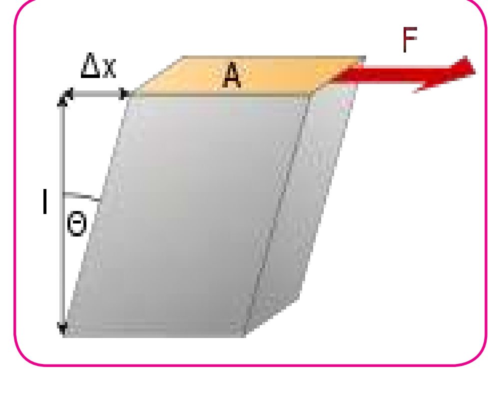
$$\text{المطاوعة الطولية النسبية} = \frac{\text{التغير في الطول}}{\text{الطول الاصلي}}$$

$$= \frac{\Delta L}{L_o}$$

شكل (8-2)

2- مطاوعة القص Shear strain

تكون استجابة الجسم عند تعرضه لاجهاد قص على شكل ازاحة جانبية لاحظ الشكل $(9-2)$ فيتشوه شكل الجسم ولايتغير حجمه.وتقاس مطاوعة القص بمقدار الزاوية (θ)التي ينحرف بها سطحا الجسم الشاقوليان المتقابلان المؤثرة فيهما القوة (F).



شكل (9-2)

3- مطاوعة الحجم Volume strain

تنتج من تعرض الجسم باكمله الى انضغاط فان حجمه سيقل مع ثبوت شكله لاحظ الشكل $(10-2)$

ويمكن التعبير عنها كما يلي :

$$\text{المطاوعة الحجمية النسبية} = \frac{\text{التغير في الحجم}}{\text{الحجم الاصلي}}$$

$$= \frac{\Delta V}{V_o}$$

شكل (10-2)

3-2 معامل المرونة(معامل يونك Young modulus)

ان النسبة بين الاجهاد والمطاوعة النسبية يدعى معامل المرونة او معامل يونك ويعطى بالعلاقة الاتية:

$$\text{معامل يونك} = \frac{\text{الاجهاد}}{\text{المطاوعة النسبية}}$$

$$Y = \frac{F / A}{\Delta L / L_o}$$

حيث ان :

F هي القوة المسلطة على الجسم

A مساحة المقطع العرضي

L_o الطول الاصلي

ΔL مقدار الزيادة الحاصلة في الطول

و يقاس معامل يونك (Y) بوحدات:

N / m^2 وان النسبة (الاجهاد \ المطاوعة) صفة مميزة للمواد الصلبة .

والجدول(2) يمثل القيم لمعامل يونك لمواد مختلفة.

الجدول(2) قيم معامل يونك لمواد مختلفة

المادة	معامل يونك (N/m^2)
المنيوم	70×10^9
رصاص	16×10^9
نحاس	120×10^9
الماس	1200×10^9
الذهب	79×10^9
تنكستن	360×10^9
فولاذ	200×10^9
الخرسانة	$(25\text{-}30)\times10^9$
الزجاج	65×10^9

مثال

سلك فولاذي طوله $4m$ ومساحة مقطعه $0.05cm^2$ مامقدار الزيادة الحاصلة في طوله اذا سحب بقوة $500N$ ؟ معامل يونك للفولاذ $200 \times 10^9 N/m^2$

الحل:

$$\text{معامل يونك} = \frac{\text{الاجهاد}}{\text{المطاوعة النسبية}}$$

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_o}$$

$$Y = \frac{F.L_o}{A.\Delta L}$$

$$\Delta L = \frac{F.L_o}{Y.A}$$

$$\Delta L = \frac{500\times4}{200\times10^9\times 0.05\times10^{-4}}$$

$$\Delta L = 2\times10^{-3}m = 2mm$$ مقدار الزيادة الحاصلة في طوله

سؤال

قامت مجموعة من الطلبة بتجربة لتحديد معامل يونك لسلك من مادة معينة فحصلوا على النتائج المبينة في الجدول (3).اذا علمت ان طول السلك$(2m)$ ومساحة مقطعه $1.25\times10^{-6}\ m^2$ فأوجد؟

1- العلاقة البيانية بين القوة واستطالة السلك.

2- معامل يونك لمادة السلك بيانيا من ميل المستقيم .

الجدول (3)

قوة الشد (F) x100 N	الاستطالة ΔL mm
0	0
1	2.8
2	6.2
3	8.7
4	12.1
5	15

4-2 بعض الخصائص الميكانيكية للمواد الصلبة

هناك خصائص ميكانيكية عدة ينبغي ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند اختبار المواد الصلبة لتطبيقات العمل كالاجزاء المعدنية للمكائن او مواد البناء والادوات المنزلية و غيرها .

وفي ما يأتي بعض هذه الخصائص:

1- الليونة(Ductility): خاصية المادة التي تمتاز بقابليتها على المط والكبس واللي وكذلك السحب والطرق مثل النحاس.

2- الهشاشة Brittleness: صفة المادة التي تظهر عجزها عن تحمل الاجهاد المفاجئ فتنكسر ولا تصل الى حالة التشوه الدائمي .

لذا تعرف المواد الهشة : بانها المواد التي تنكسر مباشرة بعد اجتيازها حد المرونة مثل الزجاج ,الحديد الصلب ,الكونكريت

3- القساوة(Stiffness): خاصية المادة لمقاومة التشوه الذي يحصل في شكلها او حجمها بتاثير القوى الخارجية فيها ، وتحتاج الى اجهاد عالي لتوليد المطاوعة نفسها . كما تمتلك معامل يونك عالي المقدار مثل الفولاذ(*steel*)حيث يبلغ معامل يونك له $2\times10^{11}\ N/m^2$

4- المتانة(Toughness): خاصية المادة لمقاومة القوة القاطعة لها . اي ان :

$$\text{المتانة} = \frac{\text{القوة القاطعة}}{\text{المساحة}} \quad \text{ووحدتها } N/m^2$$

5. الصلادة hardness : هي خاصية المادة على خدش مواد اخرى أو مقاومتها للخدش .

تقاس صلادة المادة بمقارنتها بصلادة عشر مواد مرتبة في الجدول التالي من *1* الى *10* حيث أن كل مادة في الجدول تخدش المادة الاقل صلادة وتخدش المادة الاعلى منها في الترتيب

جدول لقياس الصلادة التصاعدي

1- التلك 2- الجبس 3- الكلسايت 4- الفلورايت 5- الابتايت

6- الفلسبار (سلكات الالمنيوم) 7- الكوارتز 8-التوباز 9- الياقوت 10- الماس

6. العجز (الفشل)Failure :

خاصية المادة الصلبة على فقدان قوة تحملها تحت تاثير اجهاد خارجي



ما الخصائص الميكانيكية التي يمتاز بها كل من المطاط والماس؟

التشوه المرن والبلاستيكي

معظم المعادن (عدا الحديد الصلب) تمتلك خواص تدعى بالليونة (Ductility) وان قابلية التشوه الدائمي تصلها بعد حد المرونة (Elastic Limit). ويعد النحاس من المعادن التي تتصف بهذه الصفة ,حيث إن السلك النحاسي ذو مساحة مقطع $1mm^2$ يصل الى حد المرونة عندما يتعرض إلى قوة شد تبلغ 150N حيث انه لاينقطع قبل ان تصل قوة الشد المؤثرة فيه إلى ضعفها . في المنحني الموضح في الشكل (2-11)الاستطالة لساق حديد كدالة للاجهاد. فالجزء المستقيم من الخط البياني يخضع لقانون هوك (استجابة خطية) حيث يحصل تشوه مرن . وعند تجاوز حد المرونة فان الشكل يتسطح وهذا يعني ان اي زيادة في قوة الشد فيه تنتج زيادة اكبر نسبيا في الطول مقارنة بالزيادة الحاصلة قبل بلوغ حد المرونة(استجابة لا خطية) فاذا زادت قوة الشد عن حد المرونة تحصل زيادة دائمية في طوله لذا يقال انه حصل فيه تشوه بلاستيكي (Plastic Deformation). علما ان اقصى طول للساق يحصل عند اعظم قوة شد يتحملها فاذا زاد عن هذا الشد سبب الانقطاع. وهذا يتضح في اعلى نقطة على المنحني لاحظ الشكل (2-11).

هل تعلم

1-بداية القطع (الكسر) يظهر في سطح المادة في المناطق ذات المتانة القليلة والتي تظهرفيها التشققات كونها تمتلك عجز في تركيبها البلوري

2-مقاومة المادة الهشة تزداد بالضغط فمثلا عند عمق 10كم في القشرة الارضية تصبح الصخور اقل احتمالاً للتكسر واكثر احتمالية لتشوه المط

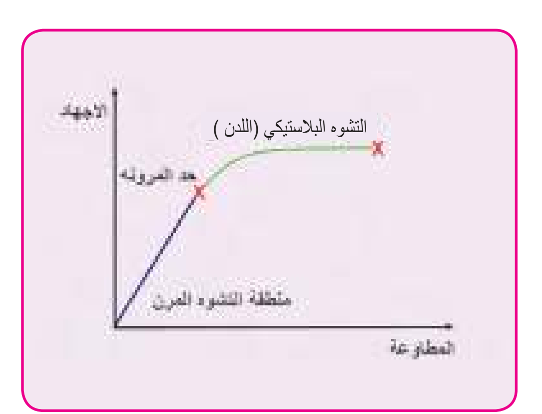
3-لتجنب كسر الزجاج) او امتصاص نمو الكسر (تؤخذ صفيحتان من الزجاج مفصولتان بطبقة من مادة بولي فنايل بيوترال والتي تعمل كماصة لنمو التكسر

التشوه المرن (Elastic Deformation):

الزيادة المؤقتة الحاصلة في طول الجسم او شكله ضمن حدود المرونة فهو يخضع لقانون هوك ,بحيث يعود الجسم الى وضعه الاصلي بعد زوال القوه المؤثرة.

التشوه البلاستيكي(اللدن)(Plastic Deformation):

الزيادة الدائمة الحاصلة في طول الجسم او شكله خارج حدود المرونة بحيث لايعود الجسم الى وضعه الاصلي بعد زوال القوة المؤثرة فهولا يخضع لقانون هوك .



شكل (2-11)

أسئلة

س1- أختر الجواب الصحيح لكل مما يلي :

1- خاصية المادة التي تجعل النابض يستعيد طوله الاصلي بعد سحبه قليلا وتركه تسمى:

a- الهشاشة
b- الليونة
c- القساوة
d- المرونة

2-مرونة الفولاذ اكبر من مرونة المطاط بسبب :

a- الفولاذ يحتاج قوة شد او كبس كبيرة
b- المطاط يحتاج قوة شد او كبس كبيرة
c- معامل مرونة الفولاذ صغيرة
d- معامل مرونة الفولاذ كبيرة

3- ينطبق قانون هوك على المواد الصلبة في حدود :

a- المتانة
b- العجز الهندسي
c- المرونة
d- اجهاد القص

4-المواد التي لايمكن زيادة طولها الا باجهاد عالي وضمن حدود مرونتها تسمى مواد :

a-هشة
b- عالية المرونة
c- غير المرنة
d- قابلة للطرق

5- عندما تؤثر قوة في جسم فان الاجهاد الطولي فيه يساوي :

a- التغير النسبي في ابعاده
b- القوة العمودية المؤثرة لوحدة ألمساحة
c- معامل يونك
d- حد المرونة

6- إجهاد القص العامل على جسم يؤثر في :

a- طوله
b- عرضه
c- حجمه
d- شكله

7- الإجهاد المؤثر في سلك شاقولي معلق به ثقل لايعتمد على :

a- طول السلك
b- قطر السلك
c- كتلة الثقل
d- تعجيل الجاذبية

اسئلة الفصل الثاني

2

8- x,y سلكان مصنوعان من ماده واحدة . ولكن طول السلك X نصف طول السلك Y بينما قطره ضعف قطر السلك Y. فاذا استطالا بالمقدار نفسه لذا فالقوة المؤثرة على السلك X تساوي :

a- نصف القوة على Y
b- ضعف مما على Y
c- أربع أمثال مما على Y
d- ثمانية أمثال مما على Y

9- الزيادة الحاصلة في طول الجسم او شكله خارج حدود المرونة تسمى :

a- تشوه مؤقت
b - تشوه دائمي
c- تتناسب طرديا مع القوة المؤثرة
d- تتناسب مع القوة المؤثرة

10- عندما تؤثر على جسم قوتا سحب متساويتان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه وعلى خط فعل واحد يقال ان الجسم واقع تحت تاثير :

a- اجهاد شد
b- اجهاد كبس
c- المطاوعة
d- اجهاد قص

س2 - إذا كانت القوة اللازمة لقطع سلك معين هي F فما مقدار القوة اللازمة لقطع :

a- سلكين منطبقين من النوع نفسه.
b- سلكين من النوع نفسه. قطر السلك الثاني ضعف قطر السلك الاول. وايهما اكثر متانة؟
c- سلكين من النوع نفسه.طول السلك الثاني ضعف طول السلك الاول.

الجواب: $a.2F$, $b.4F$, $c.F$

س3 - ما العوامل التي تحدد مقدار ونوع التشوه الذي يحصل في المادة الصلبة؟

س4 - ما المقصود بثابت مرونة النابض ؟ وما وحدة قياسه ؟ وعلام يتوقف مقداره؟

س5- ما نوع المطاوعة النسبية والتي يعبر عنها بـ :-

a- نسبة التغير في الطول الى الطول الاصلي .
b- نسبة التغير في الحجم الى الحجم الاصلي .
c- مقدار الزاوية التي ينحرف بها سطحا الجسم المتقابلان المؤثرة فيهما قوتان بموازاتهما .

المسائل

س1 - اثر إجهاد توتري مقداره $20 \times 10^{6}\ N/m^{2}$ في سلك معدني مساحة مقطعه العرضي $1.5\ mm^{2}$. ما القوة المؤثرة فيه ؟

ج/ $(F= 30N)$

س2- ما الزيادة الحاصلة في طول سلك من الفولاذ طوله $(2m)$ وقطره $(1mm)$. اذا علقت في نهايته كتلة $8kg$ معتبراً $g = 10m/s^{2}$ ؟

ج/ $(\Delta L=0.001m)$

س3- سلك نصف قطر مقطعه العرضي $(0.5mm)$ وطوله $(120cm)$ معلق شاقوليا. ما القوة العمودية اللازمة لتسليطها على طرفه السفلي كي يصبح طوله $(121.2cm)$ علما ان معامل يونك لمادة السلك $(1.4\times 10^{10} N/m^{2})$ ؟

ج/ $(F=109.9\ N)$

س4- سلكان متماثلان طول احدهما $(125cm)$ والآخر $(375cm)$ فاذا قطع السلك الاول بتاثير قوه مقدارها $(489N)$. ما القوه اللازمة لقطع السلك الثاني؟

ج/ $(F=489\ N)$

س5- ساق طوله $(0.4m)$ ضغط فقصر طوله $(0.05m)$ ما المطاوعة النسبية له ؟

ج/ (0.125)

س6 سلك من البرونز طوله $(2.5m)$ ومساحة مقطعه العرضي $(1 \times 10^{-3} cm^{2})$ سحب فاستطال ملمتر واحد بتعليق جسم $(0.4kg)$. أحسب معامل يونك للمعدن اعتبر التعجيل الارضي $10N / kg$؟

ج/ $Y=10^{11}\ N / m^{2}$

الفصل الثالث
3

الموائع الساكنة static fluids

سنحاول دراسة الخواص الميكانيكية للموائع في حالة السكون(أي في حالة التوازن)، وينبغي ان يكون واضحاً ان المائع عندما يكون في حالة السكون فان الجزيئات التي يتكون منها المائع تكون في حالة حركة مستمرة عشوائية دائما.

1-3 المائع Fluid

يقصد بالمائع بانه المادة التي فيها قوى التماسك ضعيفة وغير قادرة على حفظ شكل معين للمادة. لذا تتحرك الجزيئات وتاخذ المادة شكل الوعاء الذي توضع فيه . وينطبق هذا التعريف على السوائل والغازات. وهي سهلة الاستجابة للقوى الخارجية التي تحاول تغيير شكلها .

والموائع لها دورا حيوي في حياتنا ، فنحن نتنفسها ، ونسبح خلالها وتدور في اجسامنا في الاوردة والشرايين وتتحكم باحوالنا المناخية وتطفو السفن على سطحها وتطير فيها الطائرات وتغوص فيها الغواصات لاحظ الشكل (1-3).

هل تعلم

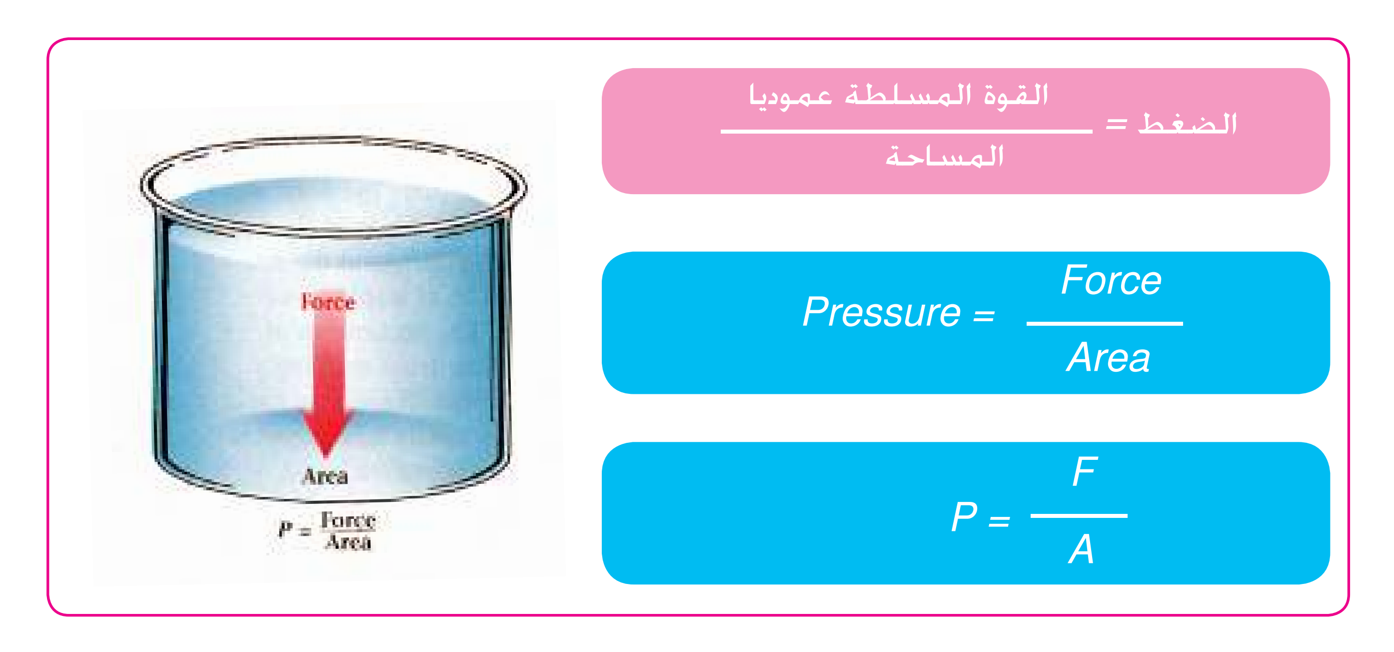
الزئبق هو المعدن الذي يوجد في الحالة السائلة ضمن درجة حرارة الغرفة ويعد مائعاً



شكل (1-3)

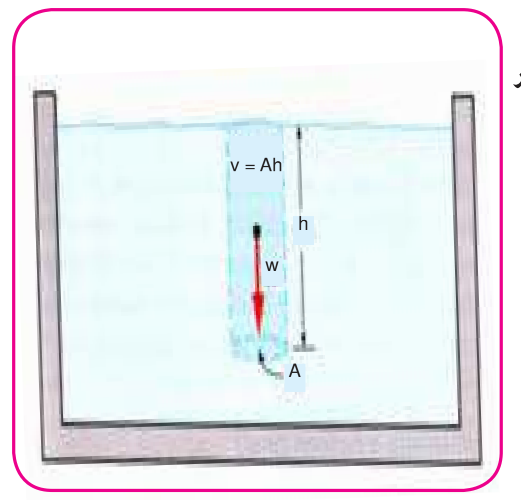
2-3 ضغط المائع

لقد درست سابقا بان ضغط المائع (سائل او غاز) هو القوة المؤثرة عمودياً في وحدة المساحات ويمكننا التعبير عن ذلك رياضياً كالأتي:



حيث ان P هو الضغط وان F هو القوة المؤثرة عمودياً في المساحة A والوحدات الشائعة لقياس الضغط هي N/m^2 ويطلق على هذه الوحدة باسكال $(Pascal)$. فاذا اثرت قوة عمودية مقدارها $(1N)$ في مساحة مقدارها $(1m^2)$ فان الضغط الناتج منها يساوي $(1Pa)$). وهذا هو تعريف الباسكال

ولحساب مقدار الضغط P في أية نقطة داخل السائل، نتصور المساحة الأفقية A على عمق h من سطح السائل كما هو مبين في الشكل$(2-3)$) . ان القوة المؤثرة عمودياً في المساحة A هي وزن عمود السائل الذي ارتفاعه h ومساحة مقطعه العرضي A ، واذا اعتبرنا السائل غير قابل للانكباس فان كثافته ρ تبقى ثابتة.



شكل (2-3)

وعليه فان وزن عمود السائل يمثل القوة العمودية المؤثرة في المساحة أي ان:

$$F = \rho ghA$$

حيث g هو التعجيل الأرضي وان ضغط السائل على عمق h هو

$$P_h = \frac{F}{A} = \frac{\rho ghA}{A}$$

ضغط السائل = كثافة السائل × التعجيل الارضي × العمق

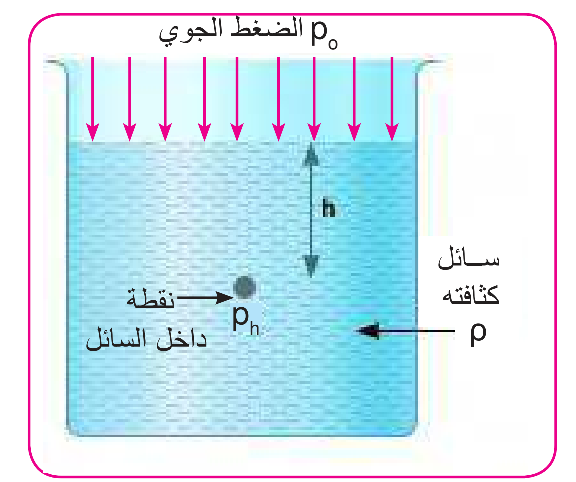
$$P_h = \rho gh$$

واذا كان هناك ضغط على سطح السائل كالضغط الجوي P_o مثلا الذي يتعرض له أي سائل موجود في وعاء مفتوح لاحظ الشكل $(3\text{-}3)$ فعندئذ يجب ان يضاف الضغط الجوي الى ضغط السائل للحصول على الضغط الكلي P عند نقطة داخل السائل . أي ان:

الضغط الكلي = الضغط الجوي + ضغط السائل

$$P = P_0 + P_h$$

$$P = P_0 + \rho gh$$



شكل (3-3)

تذكر

ان للسائل صفتين هما عدم قابليته للانكباس وسهولة انزلاق جزيئاته على بعضها تمكنه من تسليط قوة على جدران الوعاء الذي يحويه وكذلك قوة نحو الاعلى . لذلك فان ضغط السائل لايؤثر الى الاسفل فقط بل يؤثر في جميع الاتجاهات .

ان هذا الضغط ينتج عنه قوة مقدارها (Pa) وهذه القوة تكون نفسها في جميع الاتجاهات على عمق h من سطح السائل فمثلما تؤثر هذه القوة نحو الاسفل هناك قوة مساوية لها بالمقدار تؤثر نحو الاعلى . لاحظ الشكل (4-3)



شكل (4-3)

مثال

احسب الضغط المتولد من قبل الماء على غواص على عمق $20m$ تحت سطح الماء علما ان كثافة الماء $1000\ kg\backslash m^3$ بوحدة N/m^2 .

الحل :

الضغط = كثافة السائل × التعجيل الارضي × العمق

$$P = \rho g h$$

$$p = (1000\ kg / m^3) \times (9.8\ m/s^2) \times (20m)$$

$$p = 196000 N/m^2$$

3-3 قياس الضغط الجوي

سبق لنا ان عرفنا ان للهواء الجوي ضغطاً ، وهو وزن عمود الهواء المسلط عموديا على وحدة المساحة من السطح . و يقاس الضغط الجوي بجهاز المرواز (البارومتر) الذي صممه العالم تورشلي لاحظ الشكل (5-3) . وهو انبوبة زجاج مدرجة طولها متر واحد مفتوحة من احد طرفيها تملأ تماما بالزئبق ثم تنكس فوهتها في حوض فيه زئبق .تلاحظ استقرار الزئبق في الانبوب على ارتفاع معين اعلى من مستواه في الحوض تاركا فراغا في اعلى الانبوبة.

شكل (5-3)

ومن النتائج التي توصل اليها تورشيلي ان الضغط الجوي يتزن مع ضغط عمود الزئبق في النقاط التي تقع على مستوى افقي واحد وهو مستوى سطح الزئبق في الاناء الخارجي ويعادل ارتفاع عمود من الزئبق $76\ cm$ عند سطح البحر وبدرجة حرارة صفر سيليزي . وان طول هذا العمود يتغير بتغير ارتفاع منطقة اجراء التجربة عن مستوى سطح البحر.

مثال

ما طول عمود الماء اللازم لمعادلة الضغط الجوي حيث ارتفاع عمود الزئبق يساوي($76cm$) ، علماً ان كثافة الماء $1000kg/m^3$ وكثافة الزئبق تساوي $13600\ kg/m^3$.

الحل :

ضغط عمود الماء = ضغط عمود الزئبق

حيث:- w = water (ماء)

m = mercury (زئبق)

$$\rho_m g h_m = \rho_w g h_w$$

$$13600\times9.8\times0.76=1000\times9.8\times h_w$$

ارتفاع عمود الماء $h_w=13.6\times0.76=10.33m$

هل تعلم



احد التطبيقات البسيطة للفيزياءفي الطب هو جهاز ضغط الدم وهو عبارة عن مانومتر زئبقي مع بعض الاضافات بحيث يقوم الطبيب بلف الرباط حول ذراع المريض (لاحظ الشكل اعلاه)ويدفع الهواء داخل الرباط بوساطة المضخة اليدوية ومع استعمال السماعة الطبية حيث يصبح ضغط الهواء اعلى من ضغط الدم فلا تسمع نبضات القلب . يقوم الطبيب بفتح الصمام فيخرج الهواء من الرباط فتسمع نبضات القلب. ويقيس الضغط الانقباضي(systolic) الذي هو حوالي 120 مليمتر زئبق وعند توقف سماع النبضات يقيس مايسمى بالضغط الانبساطي (diastolic) الذي هو حوالي 80 مليمتر زئبق (للشخص الطبيعي)

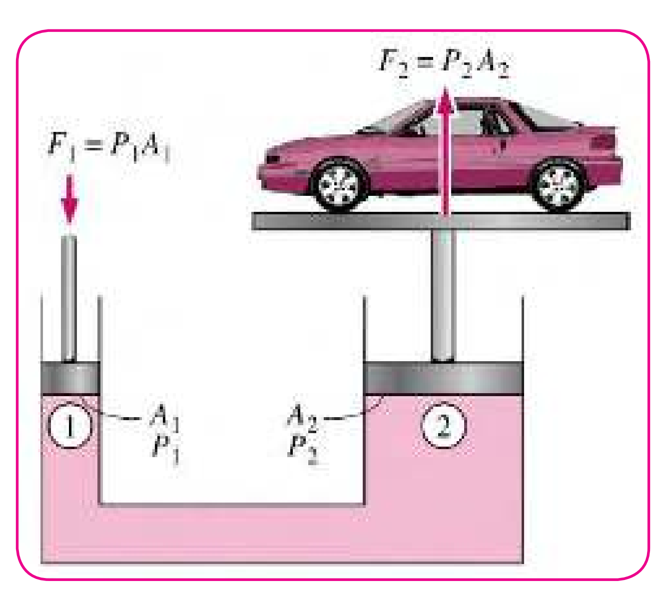
4-3 مبدأ باسكال Pascal's Principle

لعلك لاحظت ان السائل المحصور عندما يسلط عليه ضغط خارجي ، فان هذا الضغط ينتقل بالتساوي لكل أجزاء السائل وجدران الإناء الذي يحويه لاحظ الشكل(3-6).وهذا ما يسمى بمبدأ باسكال ، وهو من المبادئ المهمة في ميكانيك الموائع .



شكل (3-6)

وتلعب هذه الحقيقة دورا اساسا في عمل الكثير من الاجهزة التي تعمل بضغط الزيت كفرامل توقيف عجلات السيارات والمكابس والمطارق والرافعات الزيتية والشكل (3-7) يوضح اساس عمل الرافعة الزيتية (يستعمل الزيت لان قابلية انضغاطه قليلة جداً) فهي تتألف من مكبسين واسطوانتين مختلفتين في مساحة المقطع متصلتين بأنبوب ومملوءتين بالزيت. عندما تؤثر قوة مقدارها F_1 في المكبس الصغير الذي مساحة مقطعه A_1 فالضغط المسلط على المكبس الصغير $P_1 = \frac{F_1}{A_1}$ وهذا الضغط ينتقل بالتساوي الى جميع اجزاء السائل المحصور اي ان $P_1=P_2$ ومنها :



شكل (3-7)

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

ومن هذه العلاقة يتضح ان :

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \; F_1$$

وهذا يعني ان مقدار القوة تتحكم بها النسبة بين مساحتي المكبسين $\frac{A2}{A1}$ فكلما ازدادت هذه النسبة ازدادت القوة الرافعة في المكبس الكبير

هل تعلم

ان السائل المستعمل في المكابس والمطارق والرافعة الزيتية يجب ان لا ينجمد ولا يصبح لزجا جدا في درجات الحرارة الواطئة كما انه يجب ان لا يتبخر منه شئ وغير سام وليس سريع الاشتعال

مثال

احسب القوة اللازمة لرفع سيارة كتلتها $3000\ kg$ لاحظ الشكل المجاور باستعمال الرافعة الزيتية المستعملة في محطات الغسل والتشحيم علما ان مساحة مقطع الاسطوانة الصغيرة ($15cm^2$) ومساحة مقطع الاسطوانة الكبيرة ($2000\ cm^2$) ؟

على فرض ان $g = 10m / s^2$.

الحل :

$$F_2 = mg = 3000 x 10 = 30000\ N$$



$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = F_1 x \frac{A_2}{A_1}$$

$$30000N = \frac{F_1\ x 2000cm^2}{15cm^2}$$

القوة المسلطة على المكبس الصغير $F_1 = 225N$

5-3 مبدأ ارخميدس Archimedes Principle

من المشاهدات المألوفة في حياتنا ان بعض الأجسام تطفو في السوائل كالزورق على سطح الماء ومنها تطفو في الهواء كالبالون المعلق في الجو .ان ذلك يشير بوضوح الى وجود قوة متجهه نحو الأعلى يسلطها المائع على الأجسام الطافية او المغمـــــــورة فيه تسمى (قوة الطفو).

اول من اكتشف هذه الظاهرة هو العالم اليوناني ارخميدس ، وقد وضع قاعدته المشهورة التي تنص على ما يأتي :

مبدأ ارخميدس:

اذا غمر جسم جزئيا او كليا في مائع فانه يفقد من وزنه بقدر وزن المائع المزاح .

ولمعرفة قوة الطفو. وكيف تنشأ هذه القوة؟ لنفترض ان جسم صلب مكعب الشكل غمر تماماً في مائع كثافته ρ ومعلقا بميزان حلزوني. لاحظ الشكل(8-3). بما ان الجسم مغمور كلياً في المائع. فان وزن السائل المزاح (الذي يمثل قوة الطفو) يساوي حجم الجسم المغمور (hA) مضروباً في كثافة السائل الوزنية (ρg) .

شكل (8-3)

قوة الطفو = حجم الجسم المغمور×كثافة السائل الوزنية

$$F_B = \rho ghA$$

حيث : h : هو ارتفاع الجسم

A : مساحة القاعدة للجسم

g : التعجيل الارضي ويساوي $9.8\,m/s^2$

F_B : قوة الطفو (Buoyant force).

و المعادلة اعلاه تمثل قاعدة ارخميدس ، اذ يمثل الطرف الايسر قوة الطفو والطرف الايمن يمثل وزن المائع المزاح أي ان :

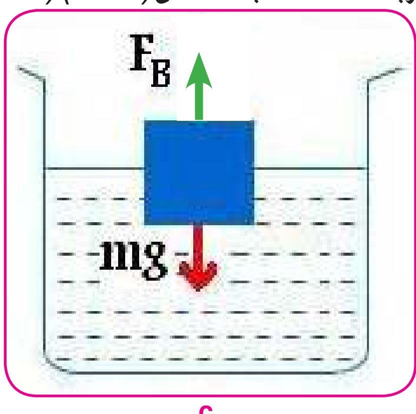
قوة الطفو على جسم مغمور في مائع = وزن المائع المزاح

وبذلك نستطيع القول ان أي جسم عندما يغمر في مائع تؤثر فيه قوتان هما :

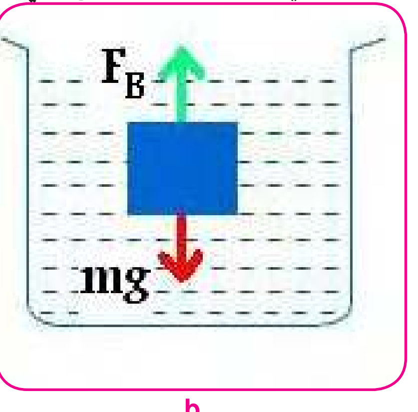
1 - وزنه (mg) ويكون متجهاً عمودياً نحو الاسفل

2 - قوة الطفو F_B (وزن المائع المزاح) تكون متجهاً عمودياً نحو الاعلى .

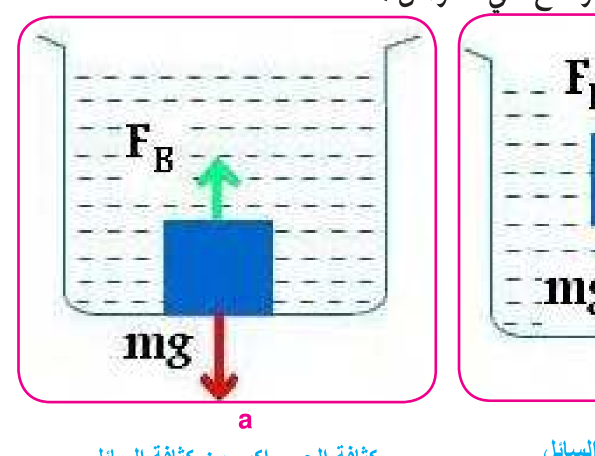
وبالاستعانة بالشكل (9-3)(c-b-a) الذي يمثل جسما وضع في سوائل مختلفة :



c
كثافة الجسم اصغر من كثافة السائل
($F_B > mg$)



b
كثافة الجسم = كثافة السائل
الجسم معلق داخل السائل وفي حالة توازن
($F_B = mg$)



a
كثافة الجسم اكبر من كثافة السائل
الجسم يغطس في السائل الى القعر
($F_B < mg$)

الشكل (9-3)

مما تقدم يتضح انه يمكن صياغة قاعدة ارخميدس للاجسام المغمورة في سائل كليا او جزئيا كما ياتي:

(a) : بالنسبة للاجسام المغمورة كليا في سائل:من ملاحظة الشكل (10-3)

قوة الطفو للسائل = وزن السائل المزاح

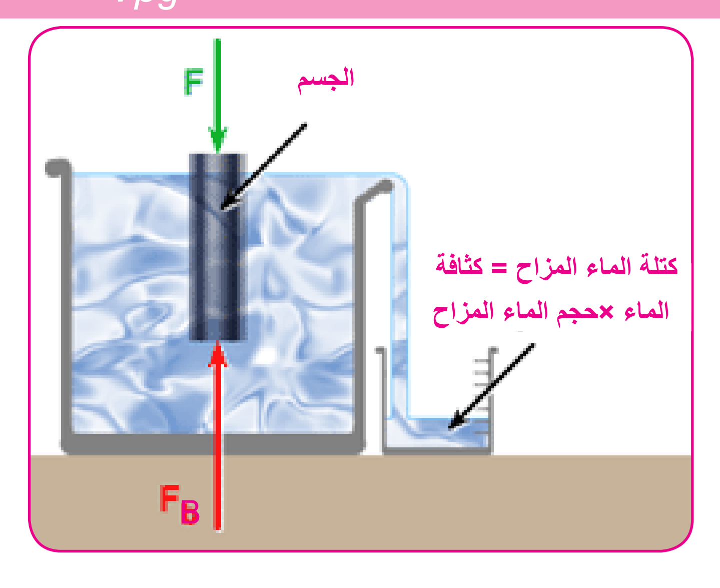
وزن الجسم في الهواء – وزن الجسم في السائل = وزن السائل المزاح

وزن الجسم في الهواء – وزن الجسم في السائل = حجم السائل المزاح X كثافة السائل الوزنية

Weight of displaced liquid = *Weight in air* – *Weight in liquid*

$$Weight_{\ in\ air} - Weight_{\ in\ liquid} = Volume(V) \times density(\rho) \times g$$
$$= V\rho g$$





(a) (b)

الشكل(10-3)

(b) : بالنسبة للاجسام المغمورة جزئيا في سائل (الاجسام الطافية) :

وزن الجسم الطافي في السائل = صفر
وزن الجسم الطافي في الهواء – صفر = وزن السائل المزاح
وزن الجسم الطافي (W_{body}) = حجم الجزء المغمور(V) × كثافة السائل الوزنية(ρ_w)

ρ_w هي وزن وحدة الحجوم اي ان :

$$\rho_w = \frac{W}{V}$$

$$W_{body} = V \times \rho_m \times g$$

علما ان :

الكثافة الوزنية للجسم X حجم الجسم =الكثافةالوزنية للماء X حجم الجزء الغاطس

تذكر

* اذاكانت كثافة المائع اكبر من كثافة الجسم فان الجسم يطفو على سطح المائع .

* اذا كانت كثافة الجسم اكبر من كثافة المائع فان الجسم يغطس كليا في المائع .

* اذا كانت كثافة المائع تساوي كثافة الجسم فانه سيبقى معلقا في حالة توازن داخل المائع.

مثال1

جسم يزن في الهواء (5N) ويزن 4. 55N عند غمره تماماً في الماء . احسب حجم الجسم ؟ علما ان كثافة الماء تساوي $1000\ kg/m^3$ وان التعجيل الارضي يساوي:

$$g = 10\ \frac{N}{kg}$$

الحل:

وزن الجسم في الهواء – وزن الجسم في الماء = حجم الجسم X الكثافة الوزنية للماء

$$W_{in\ air} - W_{in\ water} = Volume(V) x\ density(\rho) x\ g$$

$$5 - 4.55 = V x 1000 x 10$$

$$0.45 = 10000\ V$$

حجم الجسم $V = 0.45 x 10^{-4}\ m^3$

مثال2

مكعب من الخشب طول حرفه $10cm$ وكثافته الوزنية $7840\ N/m^3$ يطفو في الماء .
ماطول الجزء الغاطس داخل الماء ؟

الحل :

نفرض ان طول الجزء الغاطس من المكعب في الماء = h

وزن الجسم الطافي = وزن السائل المزاح

وزن الجسم الطافي = حجم الجزء المغمور X كثافة السائل الوزنية

$$W_{body} = Vx(\rho_m\ x\ g)$$

الكثافة الوزنية للجسم X حجم الجسم = الكثافة الوزنية للماء X حجم الجزء الغاطس

$$(\rho V)_{body} = (\rho V)_{water}$$

الكثافة الوزنية للماء = الكثافة الكتلية × التعجيل الارضي

$$(9.8\ \frac{N}{kg}) \times (1000\ kg/m^3) = 9800\ \frac{N}{m^3}$$

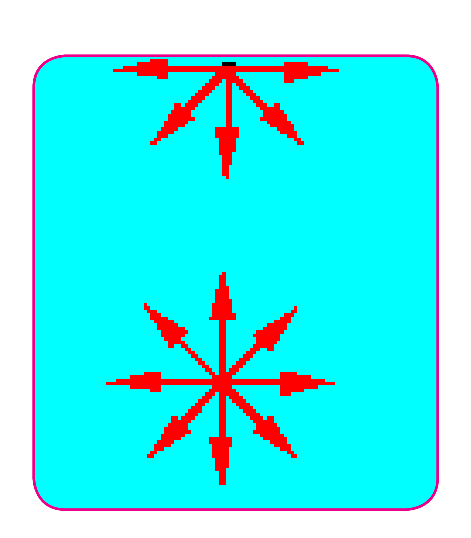
$$7840x(0.1)^3 = h\ x\ (0.1)^2\ x\ 9800$$

$$h = \frac{784}{9800}$$

طول الجزء الغاطس $h = 0.08m$

6-3 الشد السطحي Surface Tension

تتأثر الجزيئات الداخلية المكونة للسائل بقوى تجاذب متساوية في جميع الاتجاهات ، بينما الجزيئات التي على سطح السائل فإنها تتعرض لمحصلة قوى تجذبها نحو الاسفل (داخل السائل) الأمر الذي يجعل سطح السائل يتصرف وكأنه غشاء رقيق ومرن وفي حالة توتر دائم ويعمل على تقليص المساحة السطحية للسائل إلى اقل ما يمكن لاحظ الشكل (11-3) .





شكل (3-11)

ويعد الشد السطحي هو السبب في حدوث بعض الظواهر الفيزيائية فمثلا طفو الابرة فوق سطح الماء وسير الحشرات على سطح السائل ، واتخاذ قطرات الماء الساقطة شــــكلاً كروياً لاحظ الشـــكل(12-3) .



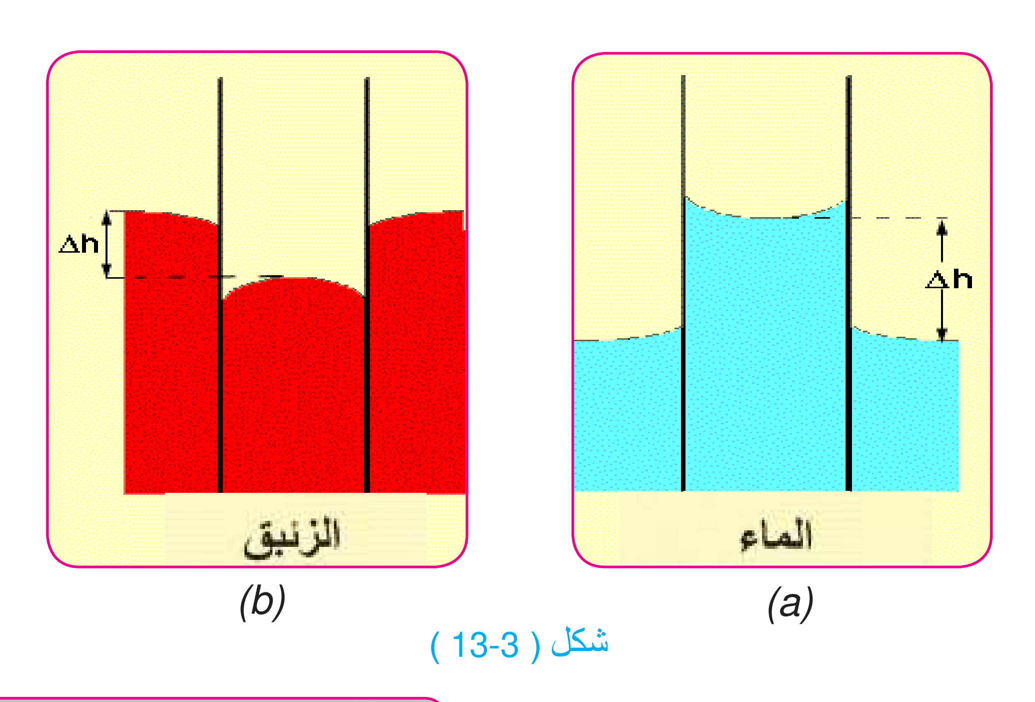


شكل (3-12)

7-3 الخاصية الشعرية Capillary property

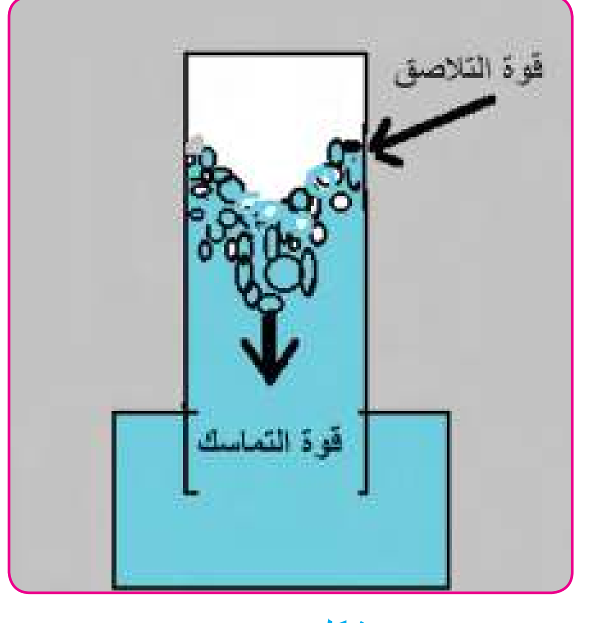
من المشاهد المألوفة التي تعزى للشد السطحي هي ظاهرة ارتفاع او انخفاض السائل في الانابيب الزجاجية الضيقة(الشعرية) والتي تدعى بالخاصية الشعرية.

فعندما يغمر احد نهايتي انبوبة زجاجية شعرية مفتوحة الطرفين بصورة عمودية في الماء لاحظ الشكل (a - 13-3) فان الماء يرتفع داخل الانبوبة الى مستوى اعلى من مستواه خارج الأنبوبة . اما في الزئبق فيحدث العكس أي ينخفض مستواه داخل الأنبوبة عن مستواه خارج الانبوبة (لاحظ الشكل (b - 13-3) .



(b) (a)

شكل (13-3)



شكل (14-3)

ويعزى ارتفاع الماء في داخل الانبوب الشعري الى تغلب قوة تلاصق الماء مع الزجاج على قوة تماسك جزيئات الماء مع بعضها لاحظ الشكل (14-3). اما بالنسبة للزئبق فان قوى التماسك بين جزيئاته اكبر من قوة تلاصقها مع الزجاج.

تذكر

- ان قوى التماسك هي قوة التجاذب بين جزيئات المادة نفسها أي جزيئات من النوع نفسه (الزئبق)
- ان قوى التلاصق هي قوة التجاذب بين جزيئات مختلفة ، ويختلف مقدارها باختلاف المواد مثل التصاق الماء بالزجاج .

ان للخاصية الشعرية اهمية عملية كبيرة منها :

1- ارتفاع المياه الجوفية خلال مسامات التربة ودلالتها ظهور الاملاح على سطح التربة.
2- ارتفاع الماء خلال جذور النباتات وسيقانها .
3- ترشيح الدم في كلية الانسان .
4- ارتفاع النفط المستعمل في فتائل المدافئ النفطية

3-8 الخواص الميكانيكية للموائع المتحركة

ان الموائع المتحركة لها أهمية كبيرة في حياتنا اليومية ، كما يحدث لحركة الطائرة او الغواصة في الموائع او جريان الدم في الشرايين والأوردة او جريان الماء في الأنابيب . وتتميز الموائع بقدرتها على الجريان عندما تؤثر فيها القوى حتى لو كانت صغيرة. ولوصف جريان مائع ما عند لحظة ما ،فانه يجب معرفة كثافته وضغطه وسرعة جريانه. ولتسهيل دراسة الموائع سنفترض ان المائع مثالي(*Ideal fluid*) الذي يتصف بما يلي :

مميزات المائع المثالي

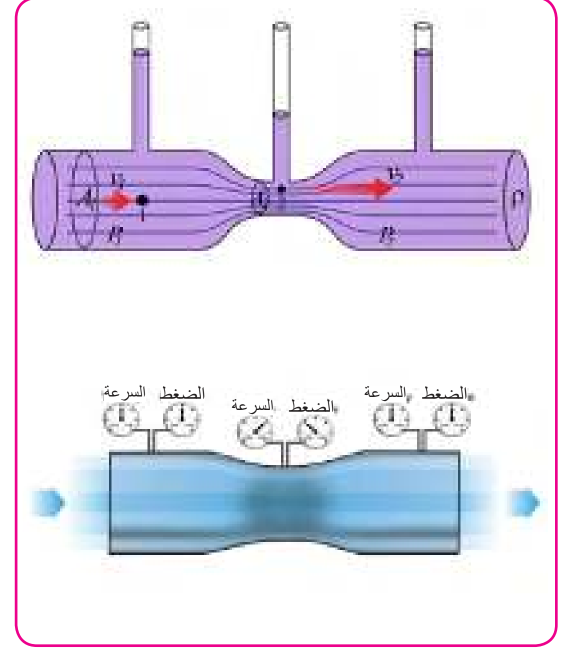
1. **غير قابل للانكباس** أي لا يمكن ضغطه فكثافته تبقى ثابتة في اثناء جريانه.
2. **جريانه منتظم** ويعني سرعة جريان دقائق المائع عند نقطة معينة تبقى ثابتة مع الزمن في المقدار والاتجاه.
3. **عديم اللزوجة** تعد اللزوجة مقياسا للاحتكاك الداخلي في المائع عند جريانه لذلك نفترض لزوجة المائع صفرا
4. **غير دوراني او دوامي** أي ان جريانه غير اضطرابي ، أي لا تتداخل خطوط جريانه فلا تتكون فيه دوامات.

9-3 معادلة الاستمرارية في الموائع Continuity equation in fluids

عند استعمالنا لخراطيم الماء في الرش واطفاء الحرائق وغسل السيارات فاننا نلاحظ انه كلما ضاق مجرى خروج الماء نحصل على سرعة تدفق كبيرة .وهذا يعني ان سرعة جريان الماء تزداد كلما ضاقت فوهة خروجه .

يبين الشكل(15-3) مائعا مثاليا كثافته (ρ) ، يجري خلال انبوب افقي مساحة مقطعه غيرمنتظمة .

اذ تبلغ مساحة مقطعه الكبير A_1 ومساحة مقطعه الصغير A_2 .



شكل(15-3)

وفي حالة الجريان الانسيابي تتحقق معادلة الاستمرارية التي تنص على ان :

معدل تدفق كمية المائع من أي مقطع داخل الانبوب يبقى ثابتا.

ويمكن التعبير عن معادلة استمرارية الجريان كما يأتي :

مساحة المقطع الصغير (A_2) ×سرعة الجريان (υ_2) = مساحة المقطع الكبير (A_1) ×سرعة الجريان (υ_1)

$$A_1 \upsilon_1 = A_2 \upsilon_2$$

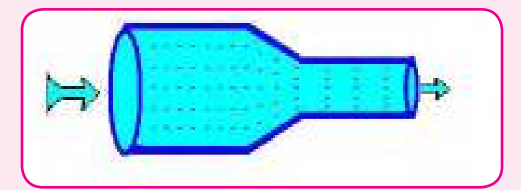
حيث ان :

υ_1 هي سرعة المائع عند المقطع A_1

υ_2 هي سرعة المائع عند المقطع A_2

وهذه العلاقة صحيحة على طول الانبوبة الافقية . وهي تشير الى ان سرعة الانسياب في أي نقطة تتناسب عكسيا مع مساحة المقطع في تلك النقطة . أي ان السرعة تزداد كلما ضاقت انبوبة الجريان .

مثال



يجري الماء في انبوبة افقية ذات مقطعين نصف قطر المقطع الكبير 2.5 cm بسرعة 2 m / s الى مقطعه الصغير الذي نصف قطره 1.5cm ، مامقدار سرعة جريان الماء في الانبوبة الضيقة .

الحل :

$$A_1 \upsilon_1 = A_2 \upsilon_2$$

$$A_1 = \pi\ r_1^2 \quad ، \quad A_2 = \pi\ r_2^2$$

$$A_1 = \frac{22}{7} \times (r_1)^2 = \frac{22}{7} \times (2.5)^2$$

$$A_2 = \frac{22}{7} \times (r_2)^2 = \frac{22}{7} \times (1.5)^2$$

$$\upsilon_2 = \upsilon_1 \times \frac{A_1}{A_2}$$

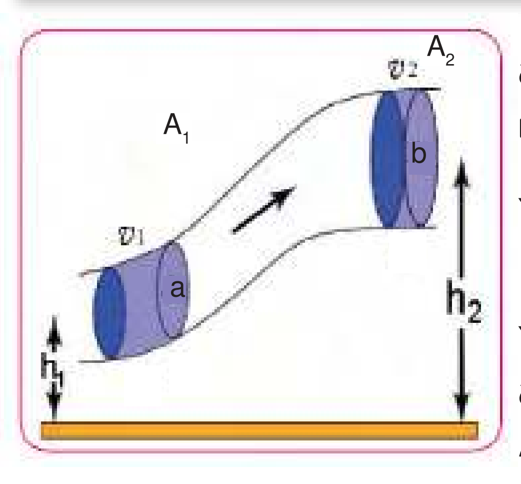
$$\upsilon_2 = 2 \times 100 \times \frac{(22/7) \times (2.5)^2}{(22/7) \times (1.5)^2}$$

سرعة جريان الماء في الانبوبة الضيقة $\upsilon_2 \approx 555\ cm/s$

$$= 5.55\ m/s$$

10-3 معادلة برنولي Bernoulli's equation

لقد وجد العالم برنولي (في عام 1738) ان ضغط المائع يتغير بتغير سرعته .وعندما اشتق المعادله التي يطلق عليها اسمه، افترض ان المائع عديم اللزوجة وغير قابل للانضغاط ويجري جريانا انسيابيا كما موضح في الشكل (16-3) ولكي نحصل على العلاقة الرياضية التي تربط بين الضغط (P) والارتفاع (h) عن مستوى افقي معين وسرعة المائع المثالي (υ) . نفترض ان مائعا في انبوب مساحة مقطعه غير منتظمة، ويختلف ارتفاع اجزائه عن مستوى معين .



شكل (16-3)

فاذا كان ضغط المائع عند النقطة (a) هو P_1 ومساحة مقطع الانبوبة A_1 وسرعة المائع υ_1 .
وان ضغط المائع عند النقطة (b) هو P_2 ومساحة مقطع الانبوبة A_2 وسرعة المائع υ_2 .
وان ارتفاع مركز المقطع A_1 عند مستوى افقي معين هو h_1
وارتفاع مركز المقطع A_2 عن نفس المستوى هو h_2

لذلك فان معادلة برنولي يمكن كتابتها بالصيغة الاتية :

مجموع الضغط والطاقة الحركية لوحدة الحجوم والطاقة الكامنة الوضعية لوحدة الحجوم تساوي مقدارا ثابتا في النقاط جميعها على طول مجرى المائع المثالي .

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho\upsilon_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho\upsilon_2^2 + \rho g h_2$$

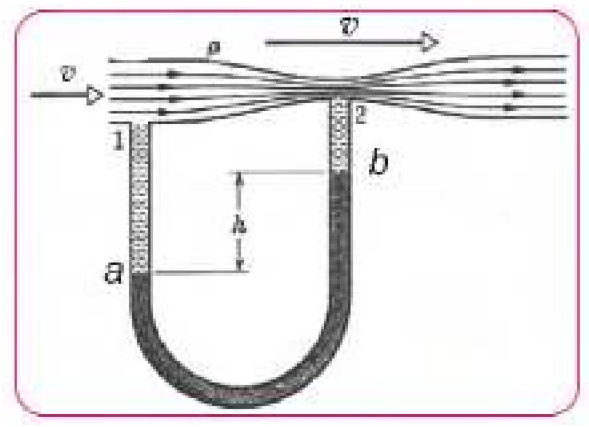
علما ان ρ هي كثافة المائع وهي ثابتة لان المائع غير قابل للانكباس

$$P + \frac{1}{2}\rho\upsilon^2 + \rho g h = constant$$

11-3 تطبيقات معادلة برنولي
Application of equation and Bernoulli's principle

a - مقياس فنتوري

ان انبوب فنتوري هو احد ابرز التطبيقات العملية لمعادلة برنولي التي يمكن بوساطته قياس سرعة مائع كثافته ρ ، ينساب خلال انبوب افقي مساحة مقطعه متغيرة . ويقاس فرق الضغط بين النقطتين (a,b) بوساطة المانوميتر الزئبقي ...لاحظ الشكل $(17-3)$. ويمكن قياس سرعة المائع. وذلك بمعرفة قياس فرق الضغط $(P_1 - P_2)$ بين مقطعي الانبوب الذي يمثله فرق الارتفاع (h) في مستوى السائل المستعمل في المانوميتر . وعندئذ يكون :



شكل $(17-3)$

$$P_1 - P_2 = \rho\ gh$$

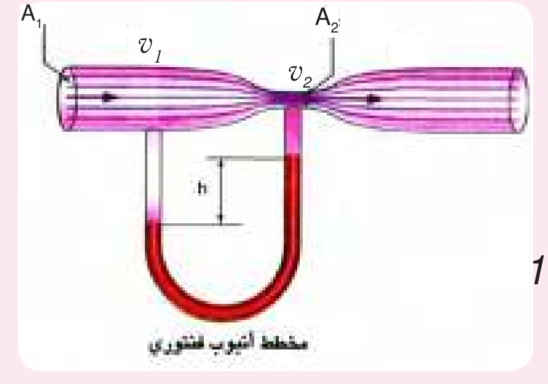
مثال

في الشكل المجاور مقياس فنتوري

فاذا كان فرق الارتفاع في فرعي المانوميتر يساوي

$0.075m$ احسب فرق الضغط بين مقطعي

مقياس فنتوري علما ان ρ للزئبق يساوي $13600\ kg / m^3$



الحل :

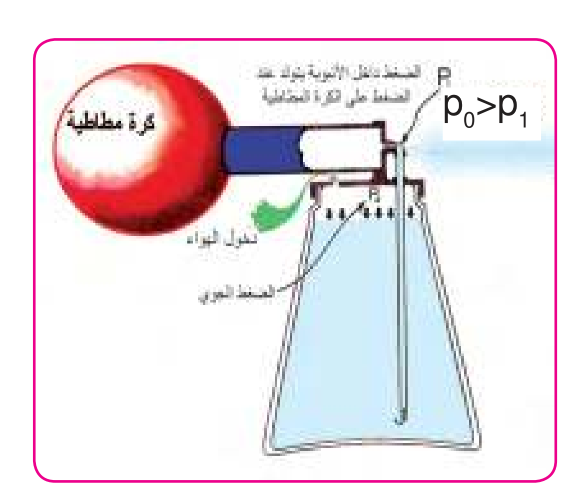
$$P_1 - P_2 = \rho gh$$

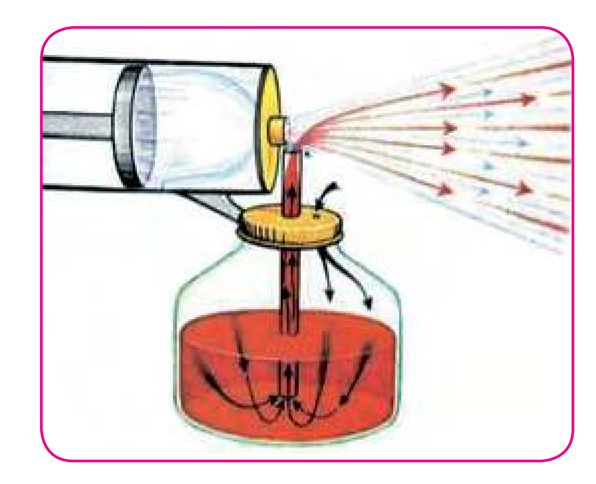
$$= (13600kg / m^3)\ x(9.8\ N / kg)x\ (0.075m)$$

فرق الضغط بين مقطعي مقياس فنتوري $P_1 - P_2 = 9.996 \times 10^3 \quad N / m^2$

b - المرذاذ Atomizer

ان المرذاذ بانواعه المختلفة يعمل على وفق قاعدة برنولي . فعند نفخ الانبوبة الافقية الموضحة في الشكل (18-3) يؤدي الى خروج تيار هواء امام فتحة الانبوبة العمودية المغمور طرفها السفلي في السائل مما يؤدي الى هبوط (تخفيف) الضغط P_1 داخل الانبوبة.ولكن الضغط الجوي P_0 المسلط على سطح السائل اكبر ($P_0 > P_1$) فيرتفع السائل في الانبوبة العمودية الى الاعلى، وعندما يصل الى الفتحة يختلط مع تيار الهواء الذي يجري في الانبوب الافقي فيعمل على تجزئة السائل الى قطرات صغيرة جدا (رذاذ) ويستعمل المرذاذ في تطبيقات كثيرة منها مرذاذ المبيدات وصبغ السيارات وقناني العطر والمازج (كاربوريتر) في السيارة وغيرها .

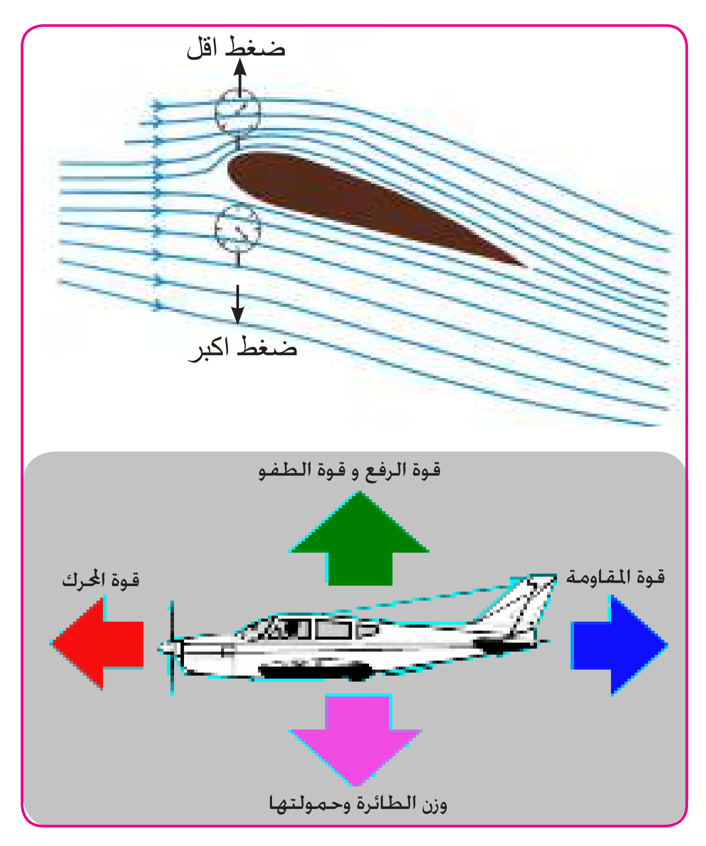




شكل(18-3)

c- قوة رفع الطائرة Airplane lift force

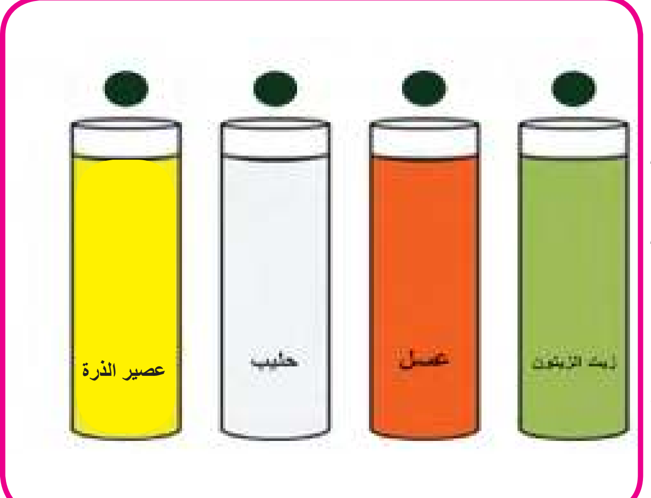
ان الشكل الانسيابي لجناح الطائرة عندتحركها الى الامام يؤدي الى جريان تيار الهواء بنمطين مختلفين على سطحي جناح الطائرة مما يجعله يسير بسرعة اكبرعلى السطح العلوي للجناح منه على السطح السفلي.لهذا السبب يكون الضغط على السطح الاسفل اكبر مما عليه في السطح الاعلى مما يؤدي الى تولد فرق في الضغط بين سطحي جناح الطائرة ونشوء قوة في الاتجاه العمودي تسمى قوة الرفع ، حيث تساعد هذه القوة على رفع الطائرة لاحظ الشكل(19-3).



شكل(19-3)

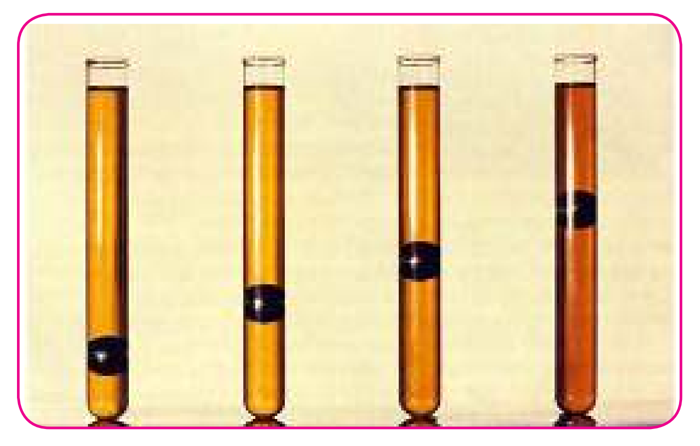
اللزوجة Viscosity

ان اللزوجة في الموائع تقابل الاحتكاك بين سطوح الاجسام الصلبة. وتظهر اللزوجة في الموائع اثناء جريانها ، فالمواد التي تنساب بسهولة كالماء مثلا يقال ان لزوجتها صغيرة. والمواد التي لاتنساب بسهولة كالعسل والدبس والعصير المركز يقال ان لزوجتها كبيرة شكل (20-3-a).



شكل(20-3a) يبين موائع مختلفة اللزوجة

ومن ملاحظتك للشكل (20-3-b) نجد ان سرعة سقوط الكرات في زيوت المحركات المختلفة اللزوجة تقل بزيادة لزوجتها.



شكل(20-3b) يبين موائع مختلفة اللزوجة

ويقصد باللزوجة هو قوة الاحتكاك بين طبقات المائع الواحد وبين طبقات المائع وجدران الانبوب الذي يحتويها .وقد وجد تجريبيا ان لزوجة المائع تعتمد على :

1- نوع المائع
2- درجة حرارته

وان لزوجة السوائل تقل بارتفاع درجة حرارتها .اذ بارتفاع درجة حرارة السائل تزداد طاقة حركة جزيئاته.كما يعمل على اضعاف قوى التماسك بينها . ويقلل مقاومتها لحركة جزيئات السائل وبذلك تقل اللزوجة . اما في الغاز. فان ارتفاع درجة الحرارة يزيد من احتمالية تصادم جزيئاته معا . مما يعني زيادة مقاومة الجزيئات لحركة بعضها .وهذا يعني زيادة لزوجة الغاز.



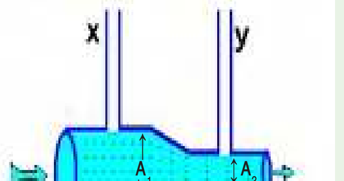
فكر

ما نوع زيت المحرك الذي تنصح سائق السيارة باستعماله شتاءً و صيفاً ، ولماذا ؟

اسئلة

س1 - اختر العبارة الصحيحة لكل مما يلي :

1 - يبين الشكل المجاور سائل مهمل اللزوجة يجري جرياناً منتظماً في انبوب مساحة مقطعه متغيرة فأن:



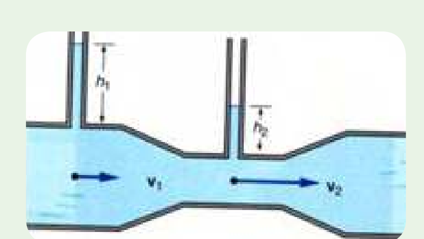
a- ضغط السائل في المقطع A_1 اصغر من ضغط السائل في المقطع A_2

b- ارتفاع السائل في الانبوب y يساوي ارتفاع السائل في الانبوب x

c- معدل جريان السائل في المقطع A_1 اكبر من معدل جريانه في المقطع A_2

d- ارتفاع السائل في الانبوب x اكبر من ارتفاع السائل في الانبوب y .

2 - انبوب افقي يجري فيه مائع تناقص قطره من 10cm الى 5cm فاي العبارات التالية صحيحة :



a- تزداد سرعة المائع وضغطه

b- تقل سرعة المائع وضغطه

c- تزداد سرعة المائع ويقل ضغطه

d- تقل سرعة المائع ويزداد ضغطه

3- الضغط المسلط على مائع محصور ينتقل في جميع الاتجاهات ومن غير نقصان حسب :

a- مبدأ ارخميدس

b- مبدأ باسكال

c- تأثير برنولي

d- معادلة استمرارية الجريان

4- يتوقف مقدار الفقدان من وزن الجسم الغاطس في سائل على :

a- كتلة الجسم

b- وزن الجسم

c- شكل الجسم

d- حجم الجسم

5- يستند مبدأ برنولي على :

a- قانون حفظ الطاقة

b- مبدأ ارخميدس

c- مبدأ باسكال

d- الانابيب الشعرية

6- يطلق اسم الموائع على السوائل و الغازات لامتلاكها خاصية الجريان بسبب:

a - كبر الاحتكاك الداخلي بين جزيئاتها
b - كبر المسافات البينية
c - كبر القوة الجزيئية
d - قلة الاحتكاك الداخلي بين جزيئاتها

7- للموائع قوة ترفع الاجسام المغمورة فيها الى الاعلى تسمى :

a - قوة الطفو
b - قوة الجاذبية
c - قوة الاحتكاك
d - القوة الضاغطة

8- احد التطبيقات التالية لا تعتمد على تأثير برنولي:

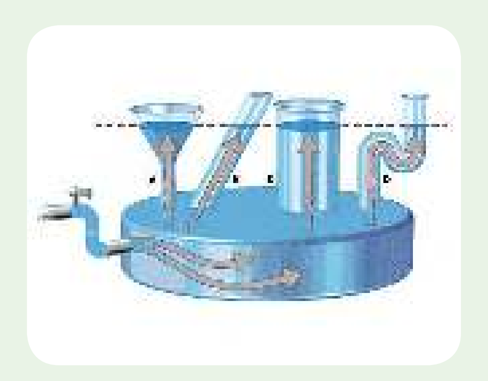
a - الزورق الشراعي
b - الطائرة
c - المكبس الهايدروليكي
d - المرذاذ

9- حوض سباحة طوله 100m وعرضه 20m وارتفاع الماء فيه 5m ، فان الضغط على قاعدة الحوض تساوي:

a - 98×10^{2} N/m^{2}
b - 95×10^{6} N/m^{2}
c - 49×10^{6} N/m^{2}
d - 49×10^{3} N/m^{2}

10- عند تدفق السائل في وعاء مغلق كما في الشكل المجاور . من خلال صنبور جانبي نلاحظ ارتفاع السائل في الأواني المختلفة بالمقدار نفسه ، يمكن تفسير ذلك تبعا لـ :

a - مبدأ ارخميدس.
b - مبدأ باسكال.
c - الضغط الجوي.
d - ضغط السائل.



11- من الشكل المجاور اي من العلاقات التالية صحيحة :

a - $h_3 = h_1$

b - $h_3 > h_1$

c - $h_3 < h_1$

d - $h_2 > h_1$

12- اذا غمر جسم وزنه mg في سائل وبقى معلقاً داخل السائل في حالة توازن فأن قوة الطفو F_B هي:

a - $F_B > mg$

b - $F_B = mg$

c - $F_B < mg$

d - $F_B = 2mg$

13-عند وصف الجريان المنتظم لمائع في لحظة ما ،يتطلب معرفة:

a - كثافته ووزنه وضغطه

b - كثافته وسرعة جريانه فقط

c - كثافته وحجمه وضغطه

d - ضغطه وكثافته وسرعة جريانه

14- لو غمر جسم في سائل وكانت كثافة هذا الجسم اكبر من كثافة السائل ،فالجسم:

a - يطفو على سطح السائل

b - يغطس كلياً في السائل

c - يبقى معلقاً داخل السائل وفي حالة توازن

d - يبقى مغموراً جزئياً داخل السائل

س2- علل ما ياتي

1- يمكن وضع شفرة حلاقة على سطح ماء ساكن من غير ان تغطس؟

2- يلتصق قميص السباحة بجسم السابح عند خروجه من الماء ولا يلتصق اذا كان مغموراً فيه؟

3- عند الضغط بالاصبع على السطح الداخلي لخيمة اثناء هطول المطر ينساب الماء من ذلك الموضع؟

4- تمتص المنشفة الرطبة الماء من الجلد اسرع من المنشفة الجافة ؟

5- تقعر سطوح السوائل التي تلامس جدران الاوعية الشعرية ؟

6- تطاير سقوف الابنية المصنوعة من صفائح الالمنيوم في الاعاصير؟

7- يتألم السابح الحافي من الشاطئ الخشن ويقل المه كلما تغلغل في الماء ؟

المسائل

س1- حوض لتربية الاسماك على شكل متوازي مستطيلات طوله 20m وعرضه 12m وارتفاع الماء فيه 5m، احسب :

a- الضغط على قاعدة الحوض؟

b- القوة المؤثرة على القاعدة ؟

ج/ a) $49000 N/m^2$

b) $F = 1176 \times 10^4 N$

س2- اذا كانت قراءة المرواز الزئبقي 75cm ، فما مقدار الضغط الجوي بوحدة الباسكال ؟

ج/ الضغط الجوي $P = 99960$ Pa

س3- مكبس في جهاز هيدروليكي مساحة مكبسه الكبير تبلغ 50 مرة بقدر مساحة مكبسه الصغير، فاذا كانت القوة المسلطة على المكبس الكبير 6000N ، احسب القوة المسلطة على المكبس الصغير؟

ج/ $F_1 = 120N$

س4- شخص يكاد ان يطفومغموراً باكمله في الماء فاذا كان وزن الجسم 600N، احسب حجمه على فرض ان $g = 10\ m/s^2$ ؟

ج/ $v = 0.06 m^3$

س 5- جسم صلب وزنة بالهواء 20N وفي الماء 15N احسب حجم الجسم؟

ج/ $v = 5 \times 10^{-4} m^3$

س6- يتدفق الماء عبر المقطع الكبير لانبوبة بسرعة 1.2 m/s وعندما يصل المقطع الصغير تصبح سرعته 6 m/s ، احسب النسبة بين قطري المقطعين؟

ج / $\sqrt{5}$

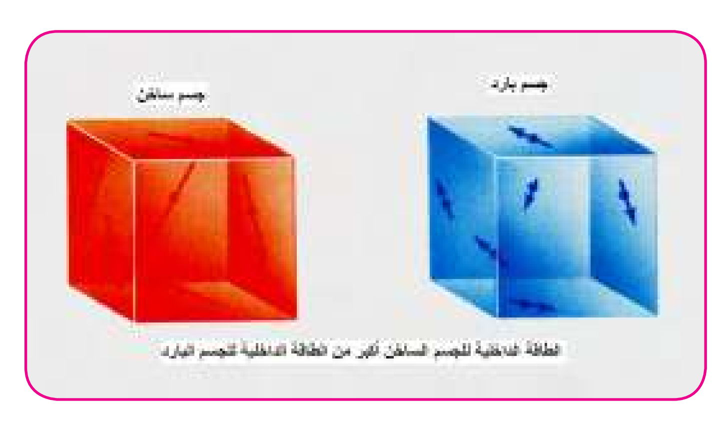
الفصل الرابع

4

الخصائص الحرارية للمادة

1-4 كمية الحرارة والحرارة النوعية للمادة Quantity of Heat and Specific Heat

درست سابقاً ان المادة مكونه من جزيئات وهذه الجزيئات تمتلك طاقة حركية وكذلك طاقة كامنة وان مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة لهذه الجزيئات تسمى الطاقة الداخلية لها ، لذا فعندما نسخن الاجسام فان معدل طاقتها الداخلية تزداد بزيادة درجة حرارتها. وعليه فان كمية الحرارة التي تحتاجها المادة لتسخينها ورفع درجة حرارتها مقدارا معينا يعتمد على مقدار هذا التغير،فتزداد بزيادته وتقل بنقصانه لاحظ الشكل (4-1). اي ان كمية الحرارة تتناسب مع التغير في درجة حرارة المادة.



شكل(1-4)

اذا اخذنا مقادير مختلفة من مادة معينة. وحاولنا رفع درجة حرارتها الى نفس الدرجة،فاننا نحتاج الى كميات متفاوتة من الحرارة تتناسب وكتل هذه المواد. وبما ان كتلة المادة تعتمد على عدد الجزيئات المكونه لها وبالتالي تعتمد كمية الحرارة اللازمة لزيادة الطاقة الداخلية لهذه الجزيئات على كتلة المادة.أي ان كمية الحرارة تتناسب وكتلة المادة.

واذا اخذنا كتلا متساوية من مواد مختلفة وحاولنا رفع درجة حرارتها بالمقدار نفسه نلاحظ انها تحتاج كميات متفاوتة من الحرارة. بالرغم من تساوي كتلها ومقدار التغير في درجة حرارتها. وهذا يعود الى اختلاف نوع المادة .

فاذا اعطينا كميتين متساويتين من الحرارة لكتلتين متساويتين من مادتين مختلفتين. ليس من الضروري ان ترتفع درجة حرارتيهما بالمقدار نفسه. فعلى سبيل المثال اذا اخذنا وعاء من الالمنيوم يحتوي كمية من الماء لهما نفس الكتلة ووضع على مصدر حراري ، نلاحظ بعد فترة ان الوعاء اصبح ساخنا ولايمكن لمسه بينما الماء بداخله لايزال فاترا. أي ان كمية الحرارة التي اكتسبها الوعاء احدثت ارتفاعا في درجة حرارته اكثر من الارتفاع الذي احدثته الكمية نفسها من الحرارة في درجة حرارة الماء بالرغم من تساوي كتلتيهما .

نستنتج مما سبق ان كمية الحرارة اللازمة لتسخين جسم تعتمد على:

1 – كتلة الجسم . 2 – التغير في درجة حرارته . 3 –نوع المادة المصنوع منها.

وبالتالي يمكن حساب كمية الحرارة (Q) اللازمة لرفع درجة حرارة جسم كتلته m من درجة حرارة معينة T_1 الى درجة حرارة T_2 من خلال العلاقة التالية:

كمية الحرارة = كتلة الجسم× الحرارة النوعية للمادة × التغير في درجات الحرارة

$$Q = mC_p \Delta T = mC_p(T_2 - T_1)$$

حيث ان C_p هي الحرارة النوعية للمادة مقاسة عند ضغط ثابت (P) وتعرف: بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة كيلو غرام واحد من المادة درجة سيليزية واحدة وتقاس بوحدات $Joule/kg.^oC$

ومن الجدير بالذكر ان اشارة كل من ΔT ، Q موجبة عندما تكتسب المادة طاقة حرارية من المحيط فترتفع درجة حرارتها وتكون باشارة سالبة عندما تفقد المادة طاقة حرارية الى المحيط فتنخفض درجة حرارتها .

هل تعلم

كمية الحرارة تقاس بوحدات السعرة والسعرة الحرارية الواحدة تساوي 4.2J

1 سعرة =4.2J

2-4 السعة الحرارية Heat capacity

لقد ارتبطت الحرارة النوعية برفع درجة حرارة كيلو غرام واحد من الجسم درجة سيليزية واحدة. ولكننا نطلق على كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم بكامله درجة سيليزية واحدة بالسعة الحرارية للجسم ويمكن حسابها من العلاقة الاتية:

كمية الحرارة = كتلة الجسم × الحرارة النوعية × التغير في درجات الحرارة

كمية الحرارة = السعة الحرارية × التغير في درجات الحرارة

أي ان:

السعة الحرارية = كتلة الجسم × الحرارة النوعية

$$C = mC_p$$

حيث C هي السعة الحرارية للمادة ، وتعرف السعة الحرارية لكتلة معينة من المادة بانها:

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الكتلة جميعها من المادة درجة سيليزية واحدة ووحدة قياسها هي: $Joule / {}^{o}C$

الجدول (1) يوضح الحرارة النوعية لمواد مختلفة

المادة	الحرارة النوعية $\frac{J}{kg.\ {}^{o}C}$	المادة	الحرارة النوعية $\frac{J}{kg.\ {}^{o}C}$
ماء نقي عند $15\ {}^{0}C$	4186	زجاج	837
جليد $0\ {}^{0}C$	2093	الفولاذ	500
بخار الماء عند $100^{0}C$	2010	الحديد	448
خشب	1750	النحاس	387
الالمنيوم	900	الفضة	234

تذكر

تعتمد الحرارة النوعية على نوع المادة فقط وتختلف السعة الحرارية باختلاف كتلة الجسم والحرارة النوعية لمادته

مثال 1

ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة $3kg$ من الالمنيوم من $(15\ {}^{0}C)$ الى $(25\ {}^{0}C)$ علماً بأن الحرارة النوعية للالمنيوم $(900\ J/kg.{}^{0}C)$

الحل :

كتلة الالمنيوم $m = 3kg$

درجة الحرارة الابتدائية (قبل التسخين) للالمنيوم $T_1 = 15\ {}^{0}C$

درجة الحرارة النهائية (بعد التسخين) للالمنيوم $T_2 = 25\ {}^{0}C$

الحرارة النوعية للالمنيوم $C_p = 900\ J / kg\ .{}^{0}C$

وطبقا للمعادلة :

$$Q = m\ C_p\ (T_2 - T_1)$$

$$Q = 3kg \times 900\ J / kg\ {}^{o}C \times (25-15)\ {}^{0}C$$

$$Q = 27000J$$ مقدار الطاقة الحرارية

ومن ملاحظتك للجدول (1) تجد ان الحرارة النوعية للماء اكبر منها لجميع المواد المستعملة في حياتنا اليومية . يساعدنا هذا في تفسير الكثير من الظواهر الطبيعية. وكما يفيد في العديد من التطبيقات الحياتية منها:



شكل(2-4)

1 - تأثيره على المناخ (نسيم البر والبحر) لاحظ الشكل (2-4).

2 - استعماله في عملية تبريد محرك السيارة.

3 - تبريد الالات في المصانع باستعمال الماء.

مثال2

ما السعة الحرارية لقطعة من الحديد كتلتها 4kg وحرارتها النوعية 448 J/kg.°C ؟

الحل :-

السعة الحرارية = الكتلة× الحرارة النوعية

$$C = mC_P$$

السعة الحرارية $C = 4kg \times 448 J/kg.°C = 1792\ Joule / °C$



هل تعلم

تقاس الطاقة الحرارية بوحدات الجول، فلو احترق عود ثقاب لأنتج قرابة 2000J.



سؤال

اذا كان لديك ثلاث قطع معدنية مختلفة وزودت بكمية الحرارة نفسها فارتفعت درجة حرارتها كما مبين في الشكل التالي فاي القطع لها سعة حرارية اكبر؟ فسر اجابتك ؟

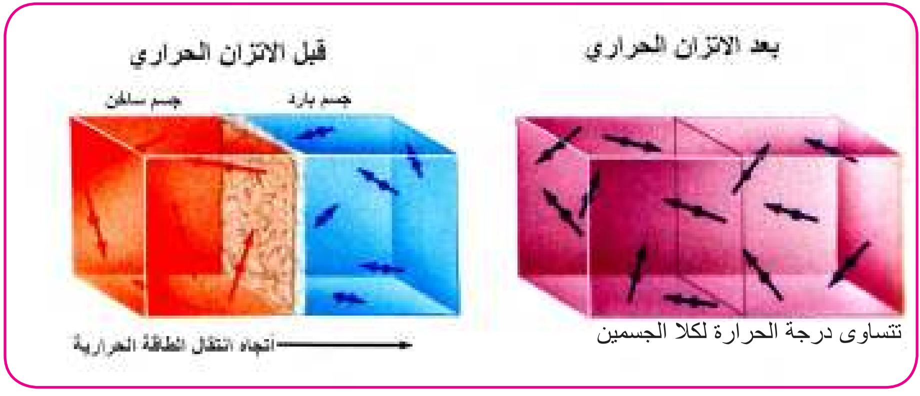
$\Delta T=3^0C$	$\Delta T=9^0C$	$\Delta T=5^0C$

3-4 الاتزان الحراري Thermal equilibrium

كما هو معروف ان الحرارة نوع من انواع الطاقة والطاقة لاتفنى ولاتستحدث .فان الحرارة ايضا لاتفنى ولاتستحدث بل تنتقل من جسم الى اخر .وعلى فرض ان الجسمين معزولين حراريا عن الوسط الذي حولهما (أي لايوجد تبادل مع الوسط المحيط) لاحظ الشكل(3-4) وحينئذ نقول ان الجسمين في حالة اتزان حراري كذلك عند مزج سائلين معاً تنتقل الحرارة من الجسم الساخن الى الجسم البارد ويستمر التدفق الحراري حتى تتساوى درجة حرارة السائلين ويحدث اتزان حراري في النظام المعزول أي تكون:

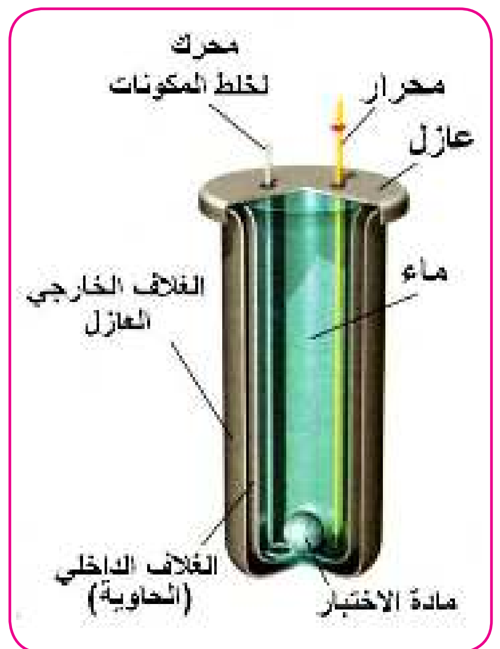
كمية الحرارة المكتسبة = كمية الحرارة المفقودة

Heat lost = Heat gained



شكل(3-4)

ومن الجدير بالذكر ان قياس الحرارة النوعية لمادة معينة يتم باستعمال المسعر كحاوية للماء معزولة حرارياً ويتركب المسعر لاحظ الشكل(4-4) من وعاء رقيق مصنوع من فلز جيد التوصيل للحرارة مثل النحاس ويحيط به وعاء اخر من الفلز نفسه وتفصل بينهما مادة عازلة للحرارة مثل اللباد او نشارة خشب من اجل عزل الاناء الداخلي ومحتوياته عن الوسط المحيط به حرارياً وله غطاء به فتحتان الاولى لادخال المحرار والثانية لادخال المحرك لتحريك المواد الممزوجة معاً.



شكل(4-4)

مثال 1

مكعب من الالمنيوم كتلته $(0.5kg)$ عند درجة حرارة (100^oC) وضع داخل وعاء يحتوي على $(1kg)$ من الماء عند درجة حرارة (20^oC) ، (افترض عدم حصول ضياع للطاقة الحرارية الى المحيط) ، احسب درجة الحرارة النهائية (الالمنيوم والماء) عند حصول التوازن الحراري(اي تتساوى درجة حرارة الالمنيوم والماء).

(علما بأن الحرارة النوعية للماء $(4200\ J/kg\ ^oC)$ والحرارة النوعية للالمنيوم $(900J/kg\ ^oC)$

الحل :

نفرض ان درجة الحرارة النهائية للمجموعة $= T_f\ ^oC$

فأن درجة حرارة الالمنيوم تنخفض بمقدار $(100 - T_f)\ ^oC$

وأن درجة حرارة الماء ترتفع بمقدار $(T_f - 20)\ ^oC$

نطبق المعادلة الاتية:

كمية الطاقة الحرارية التي يفقدها الالمنيوم = كمية الطاقة الحرارية التي يكتسبها الماء

$$Water = w\ ,\ Aliminum = A$$

$$m_w \cdot C_{pw}\ (T_f - 20)_w = m_A \times C_{pA} (100 - T_f)_A$$

$$1 \times 4200 (T_f - 20) = 0.5 \times 900 \times (100 - T_f)$$

$$4200 T_f - 84000 = 45000 - 450 T_f$$

$$T_f = 129000 / 4650$$

$$T_f = 27.7\ ^oC$$

درجة الحرارة النهائية للمجموعة

مثال2

احسب السعة الحرارية لمسعر من النحاس فيه ماء كتلته $100g$ بدرجة حرارة 10^oC أضيف إليه كمية ماء اخرى كتلتها $100g$ بدرجة حرارة 80^oC فأصبحت درجة حرارة الخليط النهائية 38^oC؟

الحل : نفرض ان السعة الحرارية للمسعر هي C

كمية الحرارة المكتسبة

كمية الحرارة التي اكتسبها الماء البارد = الكتلة× الحرارة النوعية للماء × التغير في درجات الحرارة

$$Q_1 = mC_p\,(T_2 - T_1)$$
$$= 0.1\times 4200\times(38 - 10)$$

كمية الحرارة التي اكتسبها الماء $Q_1 = 11760\ J$

كمية الحرارة التي اكتسبها المسعر=السعة الحراريةللمسعر × التغير في درجات الحرارة

$$Q_2 = C\,(T_2 - T_1) \Rightarrow \quad Q_2 = C\,(38 - 10)$$
$$Q_2 = 28\ C$$

كمية الحرارة المفقودة

كمية الحرارة التي فقدها الماء الساخن = الكتلة × الحرارة النوعية ×التغير في درجات الحرارة

$$Q_3 = mC_p \times (T_f - T_1)$$
$$= 0.1\times4200\times(38-80)$$
$$Q_3 = -17640J$$

عند الاتزان الحراري

كمية الحرارة المكتسبة $(Q_1 + Q_2)$ = كمية الحرارة المفقودة (Q_3)

كمية الحرارة التي اكتسبها الماء والمسعر = كمية الحرارة التي فقدها الماء الساخن

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$
$$17640 = 11760 + 28\ C$$

$$C = \frac{5880}{28}$$

السعة الحرارية للمسعر $C = 210\ J/\,^oC$

4-4 تاثير الحرارة على المواد

تمدد المواد بالحرارة:

عند رفع درجة حرارة المادة الصلبة او السائلة او الغازية يزداد معدل الطاقة الحركية للجزيئات فيزداد التباعد فيما بينهما فيحصل التمدد ولكن هذا التمدد يختلف باختلاف حالة المادة فتمدد الغازات يكون اكبر مما هو عليه في السوائل وتمدد السوائل اكبر مما هو عليه في الصلب اذا كانت الحرارة المكتسبة متساوية للحالات الثلاثة للمادة.

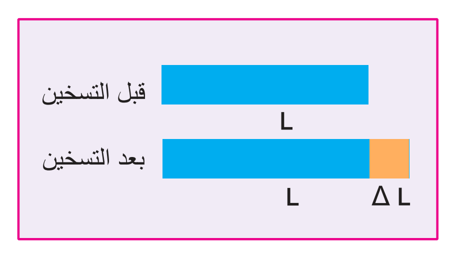
a. تمدد المواد الصلبة

التمدد يعني زيادة في ابعاد المادة وعليه فهناك:

- تمدد طولي أي زيادة في طول الساق(التمدد في بعدواحد)
- تمدد سطحي أي زيادة في مساحة السطح(التمدد في بعدين)
- تمدد حجمي أي زيادة في حجم الجسم(تمدد في ثلاثة ابعاد)

التمدد الطولي

نفرض ان الطول الاصلي لجسم هو Lوبزيادة درجة الحرارة بمقدار ΔT يحدث زيادة في الطول مقدارهاΔL وقد اثبتت التجارب ان التغير في الطول يتناسب طرديا مع التغير في درجات الحرارة والطول الأصلي ونوع المادة لاحظ الشكل (5-4) . لذا يمكن كتابة معادلة التغير في الطول على النحو الأتي:



شكل(5-4)

التغير في الطول = معامل التمدد الطولي×الطول الأصلي×مقدار التغير في درجة الحرارة

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

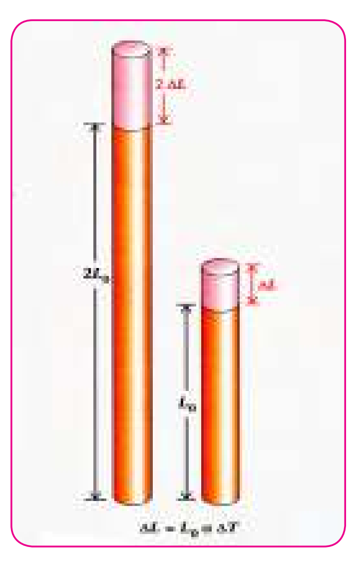
حيث ان:

ΔL = الطول الجديد – الطول الاصلي

α = معامل التمدد الطولي ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\alpha = \frac{1}{L} \times \frac{\Delta L}{\Delta T}$$

وعليه يمكن تعريف معامل التمدد الطولي α على انه:



شكل(6-4)

مقدار الزيادة الحاصلة في وحدة الاطوال من المادة عند تسخينها درجة سيليزية واحدة ويقاس بوحدة $1/°C$ وهو يختلف باختلاف المواد لاحظ الجدول (2)

الجدول (2) معامل التمدد الطولي لبعض المواد

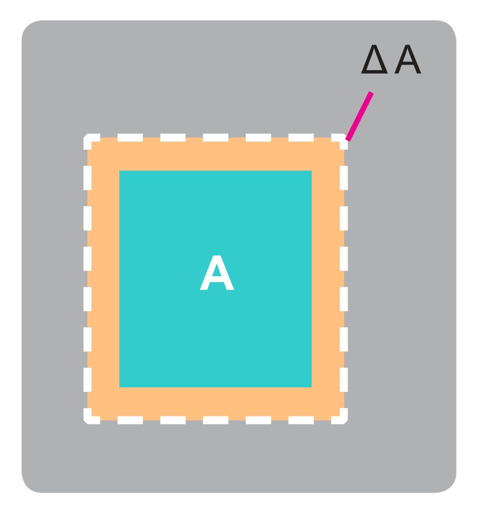
المادة	معامل التمدد الطولي $1/°C\ (\alpha)$
الالمنيوم	24×10^{-6}
النحاس	17×10^{-6}
الفولاذ	$\approx12\times10^{-6}$
الزجاج	9×10^{-6}
الرصاص	29×10^{-6}
الاسمنت	12×10^{-6}

التمدد السطحي

تزداد مساحة أي سطح عندما ترتفع درجة حرارته. وعلى هذا الاساس تزداد المساحة السطحية A بمقدار ΔA نتيجة لارتفاع درجة الحرارة بمقدار ΔT ، لاحظ الشكل (7-4) . لذا فان :

التغير في المساحة = معامل التمدد السطحي×المساحة الأصلية ×مقدار التغير في درجة الحرارة

$$\Delta A = \gamma\ A\ \Delta T$$



شكل(7-4)

حيث ان:

$\Delta A =$ المساحة الجديدة − المساحة الاصلية

يسمى الرمز γ معامل التمدد السطحي ويعطى بالعلاقة الاتية:

$$\gamma = \frac{1}{A} \times \frac{\Delta A}{\Delta T}$$

وعليه يمكننا تعريف معامل التمدد السطحي γ والذي يلفظ (كاما) على انه:

مقدار الزيادة الحاصلة في وحدة المساحة من الجسم عندما ترتفع درجة الحرارة درجة سيليزية واحدة.

ويقاس بوحدات $1/°C$ ، ليكن معلومًا ان:

معامل التمدد السطحي γ = ضعف معامل التمدد الطولي α

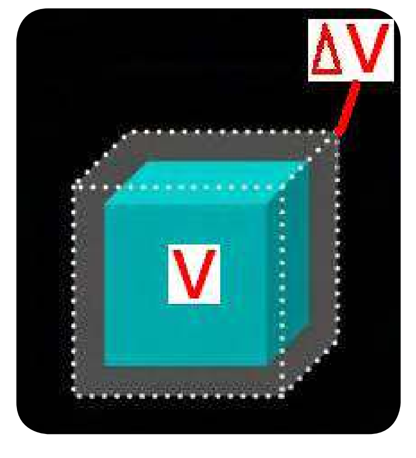
أي ان :

$$\gamma = 2\,\alpha$$

التمدد الحجمي

تغير حجم المادة مع تغير درجة الحرارة يوصف بوساطة معامل التمدد الحجمي للمادة(β) لاحظ الشكل (8-4) .

وهكذا يزداد حجم المادة V بمقدار ΔV نتيجة لارتفاع درجة الحرارة بمقدار ΔT ، لذا فان:



شكل(8-4)

التغير في الحجم = معامل التمدد الحجمي × الحجم الاصلي× مقدار التغير في درجة الحرارة

$$\Delta V = \beta\, V\, \Delta T$$

حيث ان:

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

التغير بالحجم (ΔV) = الحجم الجديد – الحجم الاصلي

يسمى الرمز β معامل التمدد الحجمي ويعطى بالعلاقة الاتية:

$$\beta = \frac{1}{V} \times \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

وعليه يمكننا تعريف معامل التمدد الحجمي β على انه مقدار الزيادة الحاصلة في وحدة الحجم من

المادة عند ارتفاع درجة حرارتها درجة سيليزية واحدة.ويقاس بوحدات $1/°C$

ليكن معلوماً ان :

معامل التمدد الحجمي (β) = ثلاثة امثال معامل التمدد الطولي(α)

أي ان

$$\beta = 3\alpha$$

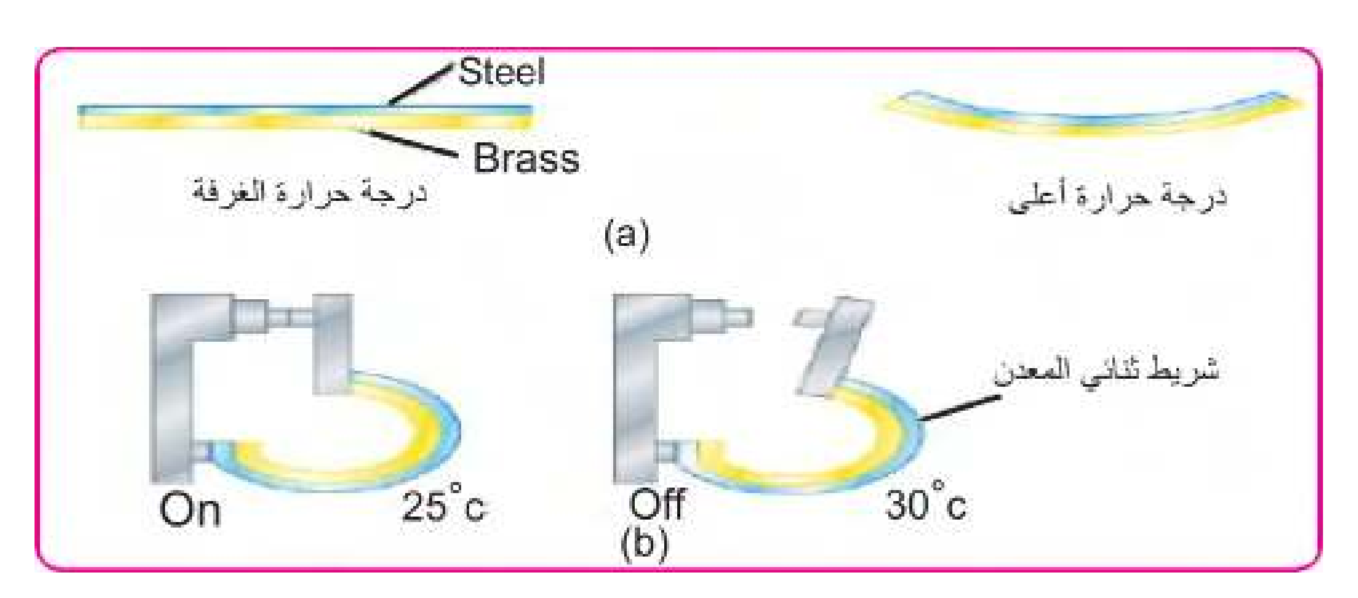
تطبيقات على تمدد المواد الصلبة بالحرارة:-

لقد تمت الاستفادة من ظاهرة تمدد المواد بارتفاع درجة الحرارة وتقلصها بانخفاض درجة الحرارة في الكثير من التطبيقات العملية ومنها الضابط الاوتوماتيكي الحراري في الاجهزة الكهربائية مثل الثلاجة والمكواة والمجمدة وجهاز انذار الحريق، اذ يستعمل شريط ثنائي المعدن Bimetalic strip لاحظ الشكل(9-4) للسيطرة على فتح وغلق الدائرة الكهربائية .



شكل(9-4)

فالمعدن ذو معامل التمدد الاكبر ينحني حول المعدن ذو معامل التمدد الاقل عند ارتفاع درجة الحرارة مسبباً فتح الدائرة الكهربائية للجهاز وعندما تنخفض درجة حرارته يرجع بصورة مستقيمة لغلق الدائرة وتشغيلها مرة ثانية . لاحظ الشكل(10-4)



شكل(10-4)

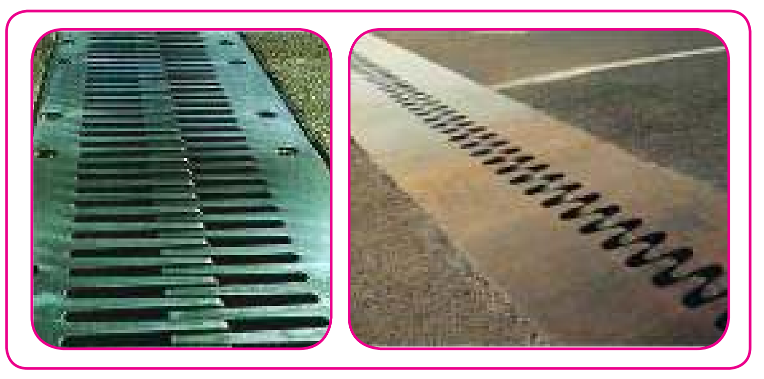
ومن التطبيقات المهمة على ظاهرة اختلاف تمدد المواد الصلبة بالحرارة .

- الاستفادة من مادتين مختلفتين لهما معامل تمدد حراري متساوي اذ يستثمر ذلك في صناعة المصابيح الكهربائية ، اذ يمتلك زجاج المصباح معامل تمدد حراري مساوٍ لمعامل التمدد الحراري للسلك المستعمل فان السلك الحامل لخويط المصباح والمغمور طرفه الأخر في زجاج المصباح عند تمدده يتمدد الزجاج بالمقدار نفسه لمنعها من كسر قاعدة المصابيح الزجاجية لاحظ الشكل(4-11).



شكل(4-11)

- كما روعي في تصميم الانشاءات تمدد المواد بالحرارة تجنبا للمخاطر وذلك عن طريق وضع فراغات او فواصل مناسبة في الجسور وترك مسافات بين خطوط سكك الحديد شكل(4-12)



شكل(4-12)

هل تعلم

ان زجاج البايركس يتحمل التغيرات السريعة في درجات الحرارة دون ان ينكسر وذلك لكون معامل تمدده الطولي صغير قياساً لما هو عليه في حالة الزجاج الاعتيادي .

b. تمدد السوائل بالحرارة Thermal expantion of liquids

مثلما تتمدد المواد الصلبة بارتفاع درجة الحرارة ، فان السوائل تتمدد بها ايضاً وللتعرف على تمدد السوائل نجري النشاط الاتي:

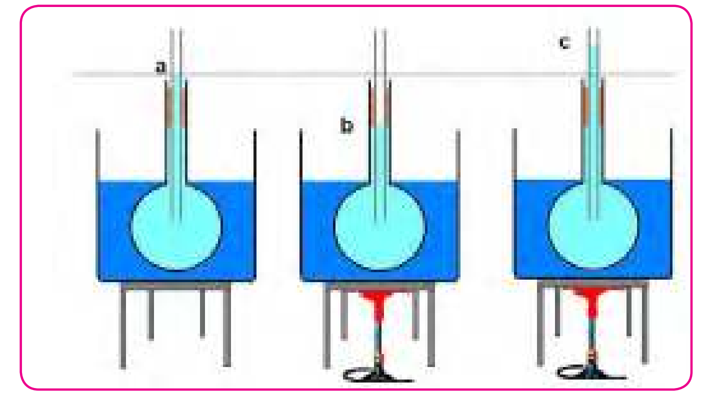
نشـــاط: تمدد السوائل بالحرارة

الادوات : دورق زجاج ، وعاء كبير ، انبوب زجاج رفيع الشكل مفتوح الطرفين، سدادة مطاط ينفذ منها الانبوب، ماء ملون، مصدر حراري .

الخطوات :

1- نملأ ثلاثة ارباع الوعاء تقريبا بالماء ثم نقوم بتسخينه بوساطة المصدر الحراري.

2- نملأ الدورق بالماء الملون ثم نغلقه بوساطة السدادة كما في الشكل(4-13 -a) ، ونثبت علامة عند سطح الماء في الانبوب.



شكل(4-13)

3- نضع الدورق في الوعاء ونراقب مايحدث لارتفاع الماء في الأنبوب.

عند بدء التسخين ينخفض سطح الماء قليلاً في الانبوب بسبب تمدد زجاج الدورق اولا فيزداد حجمه لذلك ينخفض مستوى الماء شكل(4-13-b)ليحل محله الفراغ الناتج عن الزيادة في حجم الدورق.وعندما تصل الحرارة عبر زجاج الدورق الى الماء يتمدد ويرتفع في الانبوب بسبب زيادة حجمه شكل (4-13-c) ولكن التمدد الحجمي للسوائل اكبر من التمدد الحجمي للمواد الصلبة للتغير نفسه في درجات الحرارة وبسبب تمدد الوعاء الذي يحوي السائل فان التمدد الذي نشاهده ونقيسه يكون اقل من التمدد الحقيقي ويسمى التمدد الظاهري.

لذلك يمكن تعريف كل من:

معامل التمدد الحجمي الظاهري (β_v) للسائل الذي في وعاء: هو نسبة الزيادة الظاهرية في الحجم لكل درجة سليزية واحدة.

معامل التمدد الحجمي الحقيقي(β_r) للسائل الذي في وعاء: هو نسبة الزيادة الحقيقية في الحجم لكل درجة سليزية واحدة.

ويكون من الضروري معرفة مايلي:

معامل التمدد الحقيقي للسائل β_r > معامل التمدد الظاهري β_v

كما ان:

معامل التمدد الحقيقي للسائل (β_r) = معامل التمدد الظاهري(β_v) + معامل التمدد الحجمي للأناء

$$\beta_r = \beta_v + 3\alpha$$

حيث ان α هو معامل التمدد الطولي للاناء

ويبين الجدول(3) معامل التمدد الحجمي لبعض السوائل

جدول (3)

المادة	معامل التمدد الحجمي (β) $10^{-4}\ /\ ^{0}C$
الكحول	1.12
البنزين	9.6
غليسرين	4.85
زئبق	1.85

فكر

عند وضع محرار زئبقي في سائل ساخن فانه ينخفض قليلا في البداية ثم يرتفع فسر ذلك؟

مثال

مُلِيءَ خزان بنزين السيارة حجمه 60 litter بالبنزين تماما حينما كانت درجة الحرارة $25^{o}C$ ثم تركت السيارة تحت اشعة الشمس ساعات عدة الى ان اصبحت درجة حرارة الخزان $45^{o}C$ احسب حجم البنزين المتوقع ان ينسكب من الخزان (اهمل تمدد الخزان)؟

الحل :

من الجدول(3) نجد ان معامل التمدد الحجمي للبنزين هو $\beta = 9.6\times10^{-4}\ \frac{1}{^{o}C}$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T = 45 - 25 = 20^{o}C$$

معامل التمدد الحجمي للبنزين $\beta = \frac{1}{V}\ \frac{\Delta V}{\Delta T}$

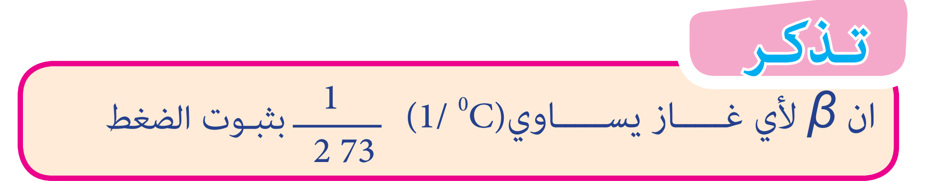
$$\therefore \Delta V = V\beta\Delta T$$

$$\Delta V = 60\times9.6\times10^{-4}\times20$$

حجم البنزين المنسكب $\Delta V = 1.152\ \ Litter$

C. تمدد الغازات

تمدد الغازات أكثر من تمدد السوائل واكثر من المواد الصلبة بسبب قلة القوى الجزيئية بين جزيئاتها. وتمتاز الغازات بتساوي معامل التمدد الحجمي لجميعها عند ثبوت الضغط وقد ثبت ان تمدد الاناء الحاوي على الغاز بتاثير الحرارة يكون صغيراً جداً قياسا لتمدد الغاز نفسه عندها يمكن اهمال تمدد الاناء وبهذا يعد التمدد الظاهري للغازات تمدداً حقيقياً.



تذكر

ان β لأي غــــاز يســـــاوي $(1/\,^{0}C)$ $\frac{1}{273}$ بثبوت الضغط

5-4 تغير حالة المادة

الحرارة الكامنة للانصهار Latent heat of fusion

ان لكل مادة نقية درجة انصهار خاصة بها . وان الانواع المختلفة من المواد تحتاج الى كميات مختلفة من الحرارة لانصهار الكتل المتساوية منها.

وتسمى كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتل من حالة الصلابة الى حالة السيولة و بدرجة الحــــرارة نفسها (مثلا درجة حرارة انصهار الجليد $0°C$) وبثبوت الضغط بالحرارة الكامنة للانصهار وتقاس بوحدات J/kg



شكل(14-4)

ويمكن حساب كمية الحرارة اللازمة لصهر كتلة معينة من مادة معينة وعند درجة انصهارها لاحظ الشكل(14-4) على وفق العلاقة التالية :

كمية الحرارة اللازمة لأنصهار المادة = الكتلة × الحرارة الكامنة للانصـــهار

$$Q = m \times L_f$$

حيث ان : m تمثل كتلة الجسم

L_f تمثل الحرارة الكامنة للانصهار

والجدول (4) يبين درجة انصهار بعض المواد وكذلك الحرارة الكامنة لانصهارها

الجدول (4)

المادة	درجة الانصهار $^{\circ}C$	الحرارة الكامنة للانصهار $kJoule/kg$
جليد	0	335
المنيوم	658.7	321
نحاس	1083	175
حديد	1535	96

مثال 1

احسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل قطعة من الجليد كتلتها $25g$ بدرجة حرارة $0^{\circ}C$ الى ماء عند درجة الحرارة نفسها .

الحل :

كمية الحرارة = الكتلة × الحرارة الكامنة للانصهار

$$Q=m\,L_f$$

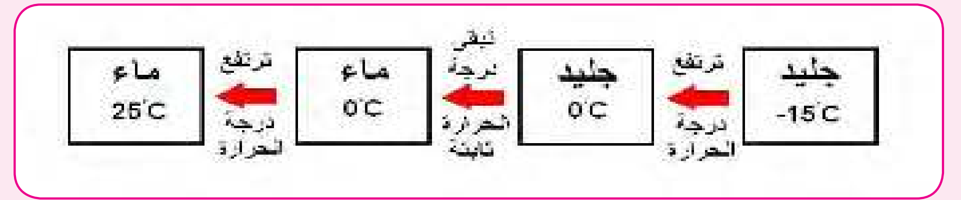
$$Q = (25/1000)\ X\ 335$$

كمية الحرارة اللازمة $Q = 8.375\ kJ$

مثال2

احسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل 2kg من الجليد بدرجة -15°C الى ماء بدرجة حرارة 25°C علما ان الحرارة النوعية للماء 4200J/kg °C والحرارة الكامنة لانصهار الجليد عند 0°C هي: 335 kJ/kg والحرارة النوعية للجليد تساوي 2093J /kg °C ؟

الحل :



لرفع درجة حرارة الجليد -15°C إلى 0°C يلزم تزويده بكمية من الحرارة مقدارها يساوي:

كمية الحرارة = الكتلة × الحرارة النوعية للجليد × فرق درجات الحرارة

$$Q_1 = m\, C_{ice}\, \Delta T$$
$$= 2 \times 2093 \times [0 - (-15)]$$
$$= 2 \times 2093 \times 15$$
$$= 30 \times 2093$$
$$Q_1 = 62790 \text{ Joule}$$

لتحويل الجليد الى ماء عند درجة حرارة 0°C يلزمنا تزويده بكمية من الحرارة مقدارها يساوي:

كمية الحرارة = الكتلة × الحرارة الكامنة لانصهارالجليد

$$Q_2 = m\, L_f$$
$$= 2 \times 335 \text{ kJ/kg}$$
$$Q_2 = 670000 \text{Joule}$$

ولرفع درجة حرارة الماء من 0°C الى 25°C نزوده بكمية من الحرارة مقدارها يساوي:

كمية الحرارة = الكتلة × الحرارة النوعية للماء × فرق درجات الحرارة

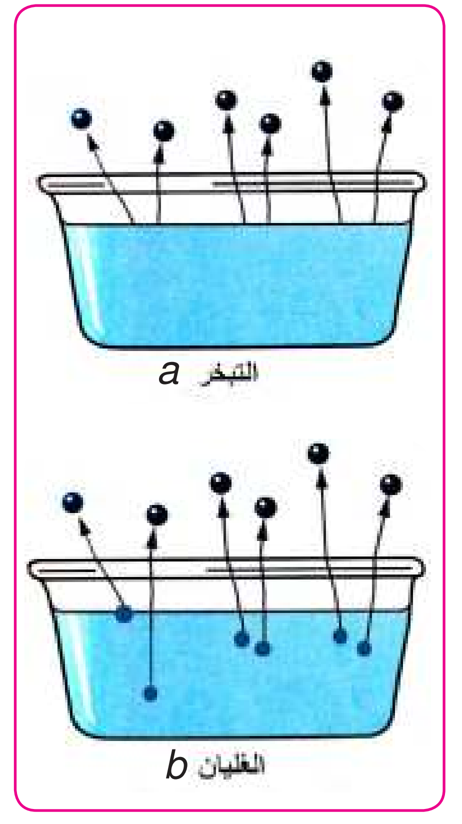
$$Q_3 = m \times C_{water} \times \Delta T$$
$$= 2 \times 4200 \times (25-0)$$
$$= 50 \times 4200$$
$$Q_3 = 210000 \text{Joule}$$

ولحساب كميات الحرارة التي تم تزويد الجليد بها حتى اصبح ماء بدرجة حرارة 25°C يساوي:

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$
$$= 62790 + 670000 + 210000$$

كمية الحرارة الكلية $Q_{total} = 942790 \text{Joule}$

الحرارة الكامنة للتبخر latent heat of vaporization



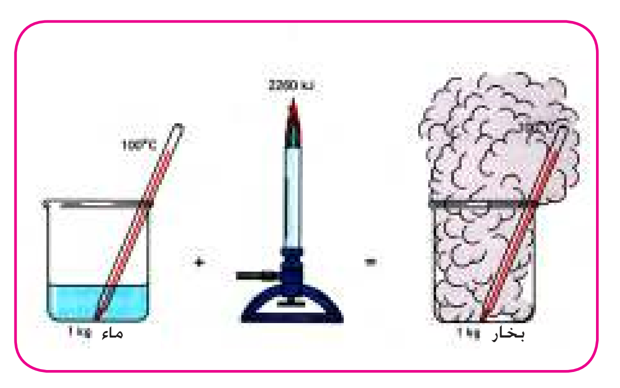
شكل(15-4)

لقد درست سابقا ان التبخر يحصل عند سطح السائل وباي درجة حرارة شريطة ان تكون جزيئات السائل القريبة من السطح قد اكتسبت طاقة حركية كافية تجعلها تتغلب على القوة الموجودة بينها، فتتبخر وتصبح حرة الحركة فتنطلق خارج سطح السائل على شكل بخار. لاحظ الشكل(a-15-4)

أما في حالة الغليان فان جزيئات السائل جميعها (وليس فقط السطحية منها) تكتسب طاقة حركية تجعلها تتغلب على القوة الموجودة بينها ، فتتصاعد بشكل بخار لاحظ الشكل (b-15-4)

وتسمى درجة الحرارة التي تبدأ عندها المادة بالتحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية بدرجة حرارة الغليان . وهي من الخواص الفيزيائية المميزة للمادة ، حيث ان لكل مادة نقية درجة حرارة غليان خاصة بها عند ضغط جوي معين.

وتسمى كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتل من المادة من حالة السيولة الى الحالة الغازية عند درجة الغليان بالحرارة الكامنة للتبخرلاحظ الشكل(16-4)



شكل(16-4)

ولكل مادة نقية درجة غليان خاصة بها. ويمكن حساب كمية الحرارة اللازمة لتحويل كتلة من سائل ما الى الحالة الغازية دون تغير درجة حرارتها بالعلاقة التالية :

كمية الحرارة اللازمة لتحويل كمية من السائل الى بخار بالدرجة نفسها = الكتلة ×الحرارة الكامنة للتبخر

$$Q = m L_v$$

حيث ان :

m تمثل كتلة الجسم

L_V تمثل الحرارة الكامنة للتبخر وتقاس بوحدات kJ/kg

والجدول (5) يبين درجة غليان بعض المواد والحرارة الكامنة للتبخر.

الجدول (5)

المادة	درجة الغليان $^{\circ}C$	الحرارة الكامنة للتبخر kJ / kg
الماء النقي	100	2260
الزئبق	357	284
النحاس	2300	4820
الحديد	3000	6290
الفضة	2100	2360

مثال

احسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل $3kg$ من الماء درجة حرارته $20^{\circ}C$ الى بخار درجة حرارته $110\ ^{\circ}C$ علماً ان الحرارة النوعية للماء تساوي $4200\ J / kg$ والحرارة الكامنة لتبخر الماء $2260\ kJ / kg$ والحرارة النوعية لبخار الماء $2010\ J / kg\ ^{\circ}C$ ؟

الحل:

كمية الحرارة الكلية = كمية الحرارة اللازمة لتسخين الماء من $20\ ^{\circ}C$ إلى $100\ ^{\circ}C$ + كمية الحرارة اللازمة لتحويل الماء الى بخار عند درجة حرارة $100\ ^{\circ}C$ + كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة بخار الماء من $100\ ^{\circ}C$ إلى $110\ ^{\circ}C$

$$Q_{total} = Q_1+Q_2+Q_3$$

$$= mc\ (T_2-T_1) + m\ L_v + m\ c\ (T_3-T_2)$$

$$=3\times4200\times(100-20) + 3\times2260\times10^3 + 3\times2010\times(110-100)$$

$$=1008000 + 6780000 + 60300$$

$$Q_{total} = (\ 7848300\ )J$$ كمية الحرارة الكلية

6-4 methods of heat transferes طرائق انتقال الحرارة

لقد مر بك في صفوف سابقة ان الحرارة تنتقل من جسم لاخر بطرائق ثلاث هي:



1-التوصيل

2-الحمل

3-الاشعاع

حمل





توصيل

اشعاع



شكل(17-4)

انتقال الحرارة بالتوصيل Thermal conduction

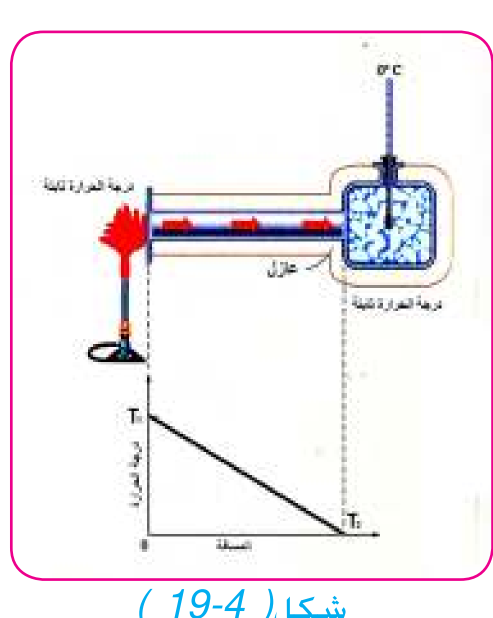
مر بك سابقا ان الحرارة تنتقل في المواد الصلبة بطريقة التوصيل ويتفاوت المعدل الزمني للطاقة الحرارية المنقولة من مادة الى اخرى حسب التركيب الداخلي للمادة وتعد الفلزات مواد جيدة التوصيل الحراري ويعود ذلك الى احتوائها على الالكترونات الحرة وتقارب ذراتها بينما تنتقل الحرارة على نحو ضعيف في المواد رديئة التوصيل مثل الخشب والمطاط وغيرها لاحظ الشكل(18-4)



شكل(18-4)

التوصيلية الحرارية Thermal conductivity

ان مقدار الطاقة الحرارية المنتقلة خلال جسم ما بطريقة التوصيل يعتمد على خاصية تدعى التوصيلية الحرارية للمادة فلو اخذنا حالة انسياب الطاقة الحرارية خلال ساق معدنية طولها $L\ (m)$ ومساحة مقطعها العرضي$A\ (m^2)$ معزولة عزلا حراريا عن المحيط(محاطة بمادة عازلة حرارياً عن المحيط) ويوضع احد طرفي الساق المعدني على لهب لاحظ الشكل(19-4) والطرف الاخر يوضع في اناء فيه جريش من الثلج بدرجة0^oC ويتطلب خلال عملية التسخين المحافظة على بقاء الفرق في درجات الحرارة ثابتا ومستمرا.



شكل(19-4)

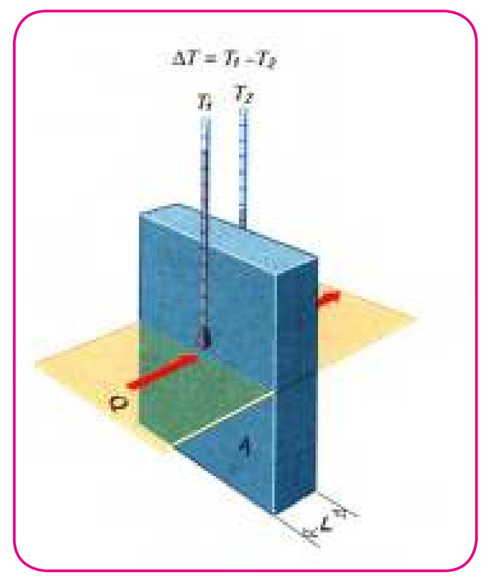
ان مقدار التغير في درجة حرارة الموصل في كل متر من طوله حينما تنتقل الحرارة عموديا على مساحة مقطعه العرضي يسمى الانحدار الحراري (Thermal gradient).

$$\text{الانحدار الحراري} = \frac{\text{فرق درجات الحرارة}}{\text{طول الجسم}}$$

Thermal gradient = temperature difference/length of object

$$\text{الانحدار الحراري} = \frac{\Delta T}{L}$$

ومن هذا نجد انه كلما زاد الانحدار الحراري يزداد مقدار انسياب الطاقة الحرارية . ويمكن التعبير عن المعدل الزمني لانتقال الطاقة الحرارية وفق العلاقة الآتية لاحظ الشكل(4-20) :



شكل(4-20)

المعدل الزمني لانتقال الطاقة الحرارية = معامل التوصيل الحراري×مساحة المقطع العرضي×الانحدار الحراري

$$H = K A \frac{\Delta T}{L}$$

حيث ان :

H: يمثل المعدل الزمني لانتقال الطاقة الحرارية بطريقة التوصيل وتقاس بوحدات Watt

A: مساحة المقطع وتقاس بوحدات m^2

ΔT: الفرق في درجات الحرارة وتقاس بوحدات ^oC

L: طول الساق (او سمكه) ويقاس بوحدات m

K: معامل التوصيل الحراري ويقاس بوحدات $Watt/m.^oC$

ومن الجدير بالذكر ان المواد الصلبة المختلفة لها معاملات توصيل حرارية مختلفة ويبين الجدول (6) معامل التوصيل الحراري التقريبي لبعض المواد الصلبة.

جدول (6)

المادة	معامل التوصيل الحراري (k) $\frac{Watt}{m.^{0}C}$
الالمنيوم	210
الزجاج	0.8
الحديد	79
الفضة	406
النحاس الاحمر	385
النحاس الاصفر	109
الفولاذ	46
الذهب	293
الزئبق	8.7
الطابوق	0.63
الخشب	0.15
الهواء	0.025
السمنت	0.3
الماء	0.61

سؤال

لماذا يستعمل رجال اطفاء الحرائق خوذة على الرأس مصنوعة من النحاس الاصفر بدلا من خوذة مصنوعة من النحاس الاحمر ؟

مثال 1

ساق من الحديد طوله $50cm$ ومساحة مقطعه $1cm^2$ وضع احد طرفيه على لهب درجة حرارته $200^{o}C$ ووضع طرفه الاخر في جليد مجروش $0^{o}C$ اذا كان الساق مغلفا بمادة عازلة علما ان معامل التوصيل الحراري للحديد يساوي $79 watt/m.^{o}C$ ، احسب:

1- الانحدار الحراري

2- المعدل الزمني لانسياب الطاقة الحرارية

الحل :

1- الانحدار الحراري $= \frac{\Delta T}{L}$

الانحدار الحراري $= (200-0)/50\times10^{-2} = 4\times10^{2}\ ^{o}C/m$

2. المعدل الزمني لانتقال الطاقة الحرارية = معامل التوصيل الحراري× مساحة المقطع× الانحدار الحراري

$$H = KA \frac{\Delta T}{L}$$

$$H = 79\times(1\times10^{-4})\times(200-0)/50\times10^{-2} = 3.16\ watt$$

مثال2

غرفة لها نافذة زجاجية ذات طبقة واحدة فاذا كان طول النافذة $2.2m$ وعرضها $1.2m$ وسمكها $5mm$ وعلى افتراض ان درجة حرارة سطح النافذة الزجاجية داخل الغرفة 22^oC ودرجة حرارتها من الخارج 3^oC احسب المعدل الزمني لأنتقال الطاقة الحرارية من الغرفة علما ان معامل التوصيل الحراري للزجاج $0.8W/m.\,^oC$؟

الحل :

المعدل الزمني لانتقال الطاقة الحرارية = معامل التوصيل الحراري× مساحة المقطع العرضي× الانحدار الحراري

$$H = KA \frac{\Delta T}{L}$$

$$H = KA\,(T_1 - T_2)\,/\,L$$

$$H = 0.8\times(2.2\times1.2)\times(22-3)\,/\,0.005$$

$$H = 8026\ watt$$

ومن التطبيقات على التوصيل الحراري:

1- استعمال المعادن لصناعة اواني الطبخ.

2 - استعمال مواد عازلة للمقابض في اواني الطبخ.

3 - العزل الحراري عند بناء البيوت باستعمال مواد عازلة مثل الهواء والزجاج والبوليسترين.

ويستعمل المهندسون نظام العزل الحراري لجدار مكون من طبقتين لهما سمكان مختلفان (L_1,L_2) ومعامل توصيل حراري (K_1,K_2) ودرجة حرارة سطحيهما (T_1,T_2) لاحظ الشكل (4-21) . فحين وصول هذا النظام الى حالة الاستقرار الحراري فان درجة الحرارة عند أي نقطة في الجدار ، ومعدل انتقال الحرارة لن يتغير مع الزمن أي ان معدل انتقال الطاقة التي تنفذ من الطبقة الاولى هي نفسها التي تنفذ من الطبقة الثانية.

ومن التطبيقات العملية الاخرى على العزل الحراري هي قنينة الترموس اذ تتكون من طبقة داخلية من البلاستك وخارجية من البوليسترين. ووفق

k1 k2
جدار1 T1 T2 جدار2
L1 L2

شكل (4-21)

هذا النظام يتم الحفاظ على درجة حرارة السائل الموضوع فيه من خلال تقليل تسرب الحرارة الى الخارج.

هل تعلم

اتخذَ المهندسون مصطلح المقاومة الحرارية لطبقة عازلة وتحسب على وفق المعادلة التالية :

$$\text{المقاومة الحرارية} = \frac{\text{سمك الطبقة}}{\text{معامل التوصيل الحراري للطبقة}}$$

سؤال

اذا وضع قالب من الثلج في صندوق من الالمنيوم ووضع قالب اخر مماثل للاول في صندوق من الخشب ، فأي القالبين ينصهر اولا في درجة حرارة الغرفة ؟

الحمل الحراري Transfer of heat by convection

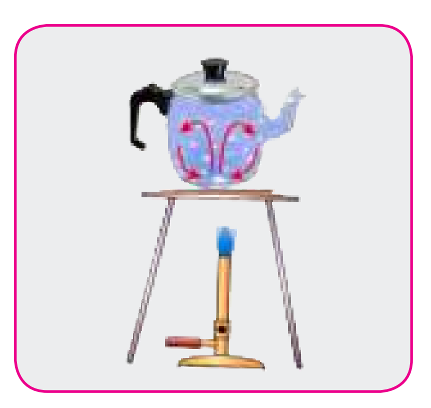
عرفنا في طريقة التوصيل الحراري ان الطاقة الحرارية تنساب خلال المادة من غير ان يحصل انتقال لجزيئات المادة نفسها. بينما نجد في طريقة الحمل الحراري ان جزيئات المادة نفسها تتحرك وتنتقل من مكان الى اخر والحمل الحراري يحصل فقط في الموائع ولايحصل في المواد الصلبة.

ومن المألوف لدينا أن وضع مدفأة في احد جوانب الغرفة يؤدي الى تدفئة الغرفة كلها بعد مدة من الزمن وهذه الظاهرة ناجمة عن انتقال الحرارة بالحمل. لاحظ الشكل (4-22)



شكل(4-22)

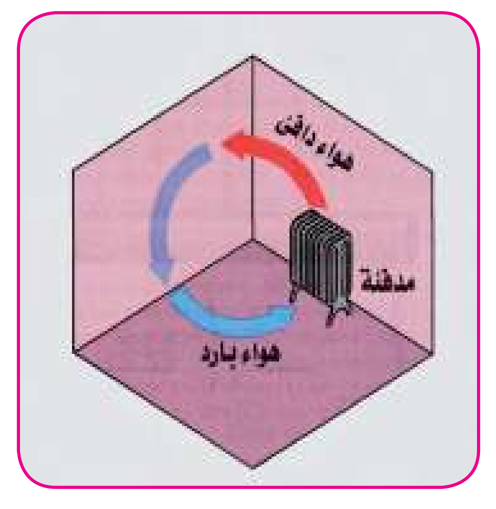
وتحصل تيارات الحمل كذلك في السوائل فعند وضع ابريق معدني فيه ماء فوق مصدر حراري لاحظ الشكل(4-23) . فان الماء الذي في المناطق القريبة من المصدر الحراري يسخن اكثر من الماء الذي في المناطق الاخرى فيتمدد وتقل كثافته عن كثافة الماء المحيط به فيرتفع حاملا معه الطاقة الحرارية بطريقة تسمى الحمل الحراري ويحل محله ماء درجة حرارته اقل وتنتقل الحرارة في الغازات بالطريقة نفسها.


شكل(4-23)

أنواع الحمل الحراري

1 -الحمل الحراري الطبيعي الحر Free convection

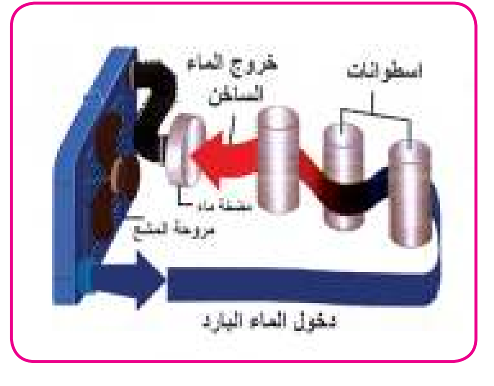
تتولد تيارات الحمل الحرارية في هذا النوع بتاثير الجاذبية الارضية لاحظ الشكل (4-24) فالهواء البارد يكون اكبركثافة فيهبط الى الاسفل لان القوة الصعودية تكون اقل من وزنه بينما كثافة الهواء الساخن تكون قليلة فيرتفع الى الاعلى حاملا معه الطاقة الحرارية لان القوة الصعودية تكون في هذه الحالة اكبر من وزنه.



شكل(4-24)

2 -الحمل الحراري الاضطراري(القسري) Forced convection

في هذا النوع يحرض المائع على الدوران من خلال تركيب مضخه او مروحه في مجرى المائع ينشا عنها فرق في الضغط يجبر الجزيئات على الحركة ففي بعض عمليات التدفئة المركزية اما يدفع الهواء الساخن في القاعات بوساطة مروحة او يضخ الماء الساخن الى مشعات حرارية (radiators) توضع على الارض لاحظ الشكل (4-25).



شكل (4-25) التبريد في محرك السيارة

فكر

أي من طرائق انتقال الحرارة تستعمل في تبريد محرك السيارة وضح ذلك؟

انتقال الحرارة بالإشعاع

درست سابقا أن حرارة الشمس تنتقل وتصل الى الارض وتسخنها ونحن نعلم انه يوجد فراغ هائل بين الشمس والارض لايسمح بنقل الحرارة بطريقتي التوصيل والحمل لعدم وجود وسط مادي ناقل للحرارة ان الطريقة التي تنتقل الحرارة بها من الشمس تسمى طريقة الاشعاع. تنتقل الحرارة بالإشعاع بشكل موجات كهرومغناطيسية بسرعة الضوء نفسها وتختلف اطوالها الموجية حسب درجة حرارة الجسم المشع فهي تتراوح بين الاشعة البنفسجية والاشعة تحت الحمراء. والأجسام جميعها تشع طاقة بشكل موجات كهرومغناطيسية حتى المكعب الثلجي واجسامنا. وان مقدار الطاقة الاشعاعية المنبعثة من الاجسام يعتمد على:

1. طبيعة السطح الباعث للطاقة المشعة مثل مساحة سطحه فكلما زادت مساحة السطح ازداد مقدار الطاقة المنبعثة ، وكذلك لونه فالسطح الاسود يشع طاقة بمعدل يفوق كثيرا معدل اشعاع السطح ذي اللون الفاتح.
2. درجة الحرارة: حيث ان الاجسام تشع طاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية يمكن رؤيتها اذا كانت درجة حرارة الاجسام مرتفعة بينما تكون الاشعاعات غير مرئية اذا كانت درجة حرارة الاجسام منخفضة.

ومن الجدير بالذكر ان المواد جيدة الاشعاع الحراري تكون جيدة الامتصاص الحراري وان مقدار الطاقة الحرارية الممتصة تختلف باختلاف مايلي:

1. نوع المادة
2. لون المادة
3. مدى صقلها

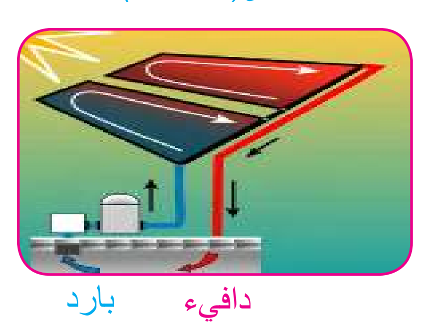
حيث ان الاجسام الفاتحة والمصقولة تمتص طاقة اشعاعية اقل من الاجسام الخشنة والقاتمة.

تطبيقات على انتقال الحرارة بطريقتي الحمل والاشعاع

1. البيوت البلاستيكية. ← اشعاع
لاحظ الشكل (26-4).
2. السخان الشمسي. ← اشعاع
لاحظ الشكل (27-4).
3. التدفئة المركزية. ← حمل + اشعاع
4. التصوير الليلي بالاشعة تحت الحمراء. ← اشعاع



شكل (26-4)



شكل (27-4)

7-4 التلوث الحراري

يقوم الإنسان في عصرنا الحالي بنشاطات عدة تعمل بعضها على رفع درجة حرارة البر والجو والماء مما يؤدي الى خلل في التركيبة البيئية وتسمى هذه الظاهرة بالتلوث البيئي الحراري.

مصادر التلوث الحراري

يعد التلوث الحراري معضلة صناعية على الرغم من ان الفضلات المدنية تسبب هي الاخرى تغيرا محدودا في درجات حرارة المياه المستقبلة لهذه الفضلات واهم مصادر التلوث الحراري هي:

1- مصادر توليد الطاقة الكهربائية:

تُنشأ هذه المحطات على مقربة من الموارد المائية (مثل البحار والأنهار)، لاحظ الشكل(4-28). وذلك لضخامة كميات المياه التي تحتاجها هذه المحطات لغرض التبريد . والمياه الداخلة الى المحطة في عمليات التبريد تكتسب طاقة حرارية كبيرة تتسبب في رفع درجة حرارة المياه الخارجة بمقدار كبير وتصرف هذه المياه الى المورد المائي الذي أخذ منه وهذا يسبب ظاهرة التلوث الحراري لمياه المصدر المائي. وكذلك



شكل(4-28)

محطات الطاقة النووية: إذ يتم طرح جزء من الحرارة الى الجو عن طريق المداخن وبسبب الكفاءة العالية في التوليد ولإعتبارا ت بيئية وحذرا من التسرب الى الجو يتعذر ذلك . فالجزء الأكبر من الطاقة الحرارية الناتجة من المحطات النووية تطرح الى الموارد المائية القريبة منها لاحظ الشكل (4-29).





شكل(4-29)

2- الصناعات النفطية والمصافي:

تستعمل المصافي النفطية كميات كبيرة من المياه لغرض التبريد وفي عمليات صناعية مختلفة . وتطرح المياه الساخنة الناتجة عن هذه العمليات الى الموارد المائية (مثل البحر أو النهر) وهذا يسبب ضررا كبيرا للاحياء المائية الدقيقة الموجودة في المياه والمياه الخارجة من هذه المصافي تحتوي كذلك على زيوت وشحوم وهذا بدوره يؤدي الى تلوث مياه المصادر بالزيت.

اسئلة

س 1 : اختر العبارة الصحيحة لكل مما ياتي:

1- حينما يبدا الماء بالتحول من حالة الى اخرى فان ، درجة حرارته:

a- ترتفع بمقدار درجة سيليزية واحدة.

b- تتغير باستمرار

c- تنخفض بمقدار درجة سيليزية واحدة ثم تثبت حتى تتحول كمية الماء جميعها

d- تبقى ثابتة حتى تتحول كمية الماء جميعها.

2- عند اتصال الجسم الاول الذي درجة حرارته T_1 مع الجسم الثاني الذي درجة حرارته T_2 والمعزولين حرارياً عن الوسط المحيط بهما فاذا كانت $T_1>T_2$ فان انتقال الطاقة الحرارية بينهما يستمر الى ان تصبح:-

a- درجة حرارة الجسم الثاني اقل من درجة حرارة الجسم الاول

b- درجة حرارة الجسم الاول اقل من درجة حرارة الجسم الثاني

c- عندما يصبح كلاهما عند درجة الحرارة نفسها (T). حيث $T_2<T<T_1$

d- درجة حرارة الجسم الاول تصبح صفراً.

3.اذا كان المعدل الزمني لانتقال الطاقة الحرارية من زجاج شباك الغرفة الى خارجها هو H فاذا قلت مساحة وسمك الزجاج الى النصف فان المعدل الزمني لانتقال الطاقة الحرارية يساوي:

4H-a

2H-b

H -c

H/2 -d

4- انتقال الحرارة في الغازات يتم بواسطة:

a- الاشعاع فقط

b-الحمل فقط

c- الاشعاع والحمل فقط

d-الاشعاع والحمل والتوصيل

5.عندما يتكثف البخار ويتحول الى سائل فان:

a- درجة حرارته ترتفع

b- درجة حرارته تنخفض

c- يمتص حرارة

d- يبعث حرارة

6.انتقال الحرارة في الفراغ يتم بوساطة:

a- الاشعاع فقط

b- الحمل فقط

c- الاشعاع والحمل فقط

d- الاشعاع والحمل والتوصيل

7. عند ثبوت كل من الكتلة ودرجة الحرارة فان كمية الحرارة لجسم تتوقف على:

a- حجم الجسم

b- شكل الجسم

c- نوعية مادة الجسم

d- كل الاحتمالات السابقة

8. عند تحول المادة من حالة السيولة الى الحالة الغازية عند درجة حرارة الغليان يلزم تزويدها بكمية من الحرارة تساوي :

a- حاصل ضرب كتلة المادة × الحرارة الكامنة للتبخر × درجة الحرارة

b- حاصل ضرب كتلة المادة × فرق درجات الحرارة

c- كمية الحرارة الكامنة للتبخر

d- حاصل ضرب كتلة المادة × الحرارة الكامنة للتبخر

س 2: اجب عن الاسئلة التالية:

1.ثلاث قضبان من النحاس والفولاذ والالمنيوم متساوية في الطول عند درجة حرارة $0^{0}C$ أي منهما سيكون اطول عند درجة حرارة $250^{0}C$؟

2.تضاف قضبان الفولاذ للاسمنت المسلح في الابنية لتقويته فلماذا يعد الفولاذ مناسبا لتقوية الاسمنت؟

3.لماذا ينصح بعدم فتح غطاء المشع الحراري الا بعد ان يبرد محرك السيارة؟ فسر ذلك؟

4. تدهن الانابيب في السخان الشمسي بطلاء اسود؟ لماذا؟

5.الماء الذي في كاس الالمنيوم يتجمد قبل الماء في كاس الزجاج عند وضعهما في مجمد الثلاجة؟

6.حينما تلمس قطعتان احدهما من حديد والاخرى من خشب عند درجة الصفر السيليزي نشعر بان الحديد ابرد من الخشب . ماسبب ذلك ؟

7.يصب الماء الساخن على غطاء علبة الزجاج التي تحتوي اطعمة معينة لكي نتمكن من فتحها بسهولة؟

مسائل

1- قطعة من الذهب كتلتها 100g ودرجة حرارتها 25°C وحرارتها النوعية $129J/Kg.^{0}C$ احسب:

a- السعة الحرارية للقطعة

b- درجة حرارة قطعة الذهب اذا زودت بكمية من الحرارة مقدارها 516Joule

ج/ a. C=12.9Joule/°C , b. T_2=65°C



2-ماهي كمية الحرارة التي فقدتها كتلة $160g$ من بخار ماء بدرجة 100^0C حين اصبح الماء بدرجة 20^0C ؟

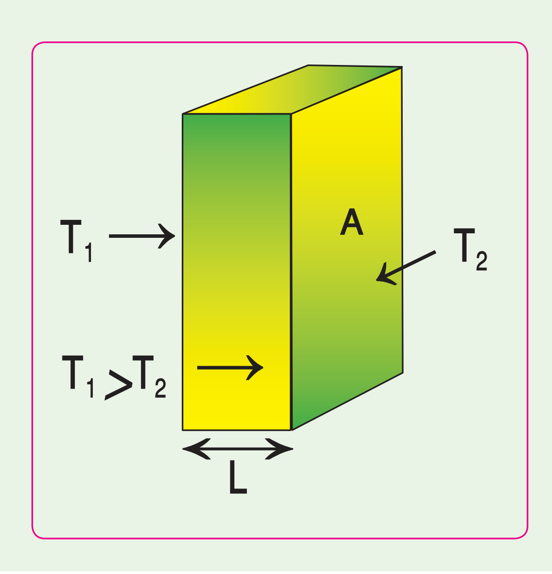
ج/ Q_{total}= -415360Joule

3- اناء سعته الحرارية $50Joule / {}^0C$ يحتوي $0.5kg$ ماء درجة حرارته 10^0C اضيف الى الماء الموجود في الاناء كمية من الماء الساخن كتلتها $1kg$ ، في درجة الحرارة 80^0C كم تصبح درجة حرارة الخليط النهائية؟

ج/ T_f=56.3°C

4- حائط من الطابوق مساحته الجانبية $10m^2$ وسمكه $15cm$ احسب المعدل الزمني لانتقال الطاقة الحرارية اذا كانت درجتا الحرارة الجانبية لهما $T_1=20^0C$, $T_2=10^0C$ لاحظ الشكل المجاور علماً ان معامل التوصيل الحراري للطابوق $0.63\ watt / m.{}^0C$؟

ج/ H=420watt



5- عند تسخين ثلاث كميات من الماء كتلتها $m_1= 0.5kg$ و $m_2=0.1kg$ و $m_3=1kg$ على مواقد حرارية متماثلة لمدة ثلاث دقائق أي الكتل ترتفع درجة حرارتها أكثر . ولماذا؟

6- تم تسخين ولنفس المدة كمية من الماء كتلها $0.5kg$ وكمية من الزيت لها نفس الكتله ، اي الجسمين يسخن اكثر ؟ ولماذا ؟

7- ما كمية الحرارة التي تكتسبها كمية من الماء كتلتها $200g$ عندما ترتفع درجة حرارتها من $20\ ^0C$ الى $80°C$؟

ج/ $Q = 50400Joule$

8- ما كمية الحرارة التي يفقدها جسم من النحاس كتلته $500g$ عندما تنخفض درجة حرارته من 75^0C الى $25°C$ ؟

ج/ $Q = -9675Joule$

9- ما درجة الحرارة النهائية لكمية من الماء كتلتها $300g$ ودرجة حرارتها الابتدائية $20°C$ عندما تكتسب كمية من الطاقة الحرارية مقدارها $37800J$ ؟

ج/ $T = 50°C$

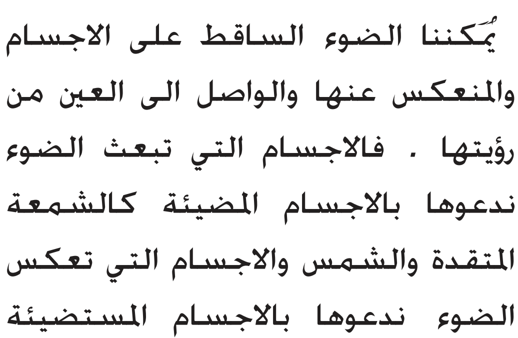
10- وضعت كمية من الماء كتلتها $0.5kg$ ودرجة حرارته $20°C$ في لوحة قوالب الثلج ثم ادخلت في قسم التجميد العلوي في الثلاجة ، ما مقدار الطاقة الواجب ازالتها من الماء لتحويله الى مكعبات ثلجية بدرجة حرارة $-5°C$.

ج/ $Q_{total}= -214732.5Joule$

الفصل الخامس

5 الضوء Light

1-5 طبيعة الضوء وانتشاره

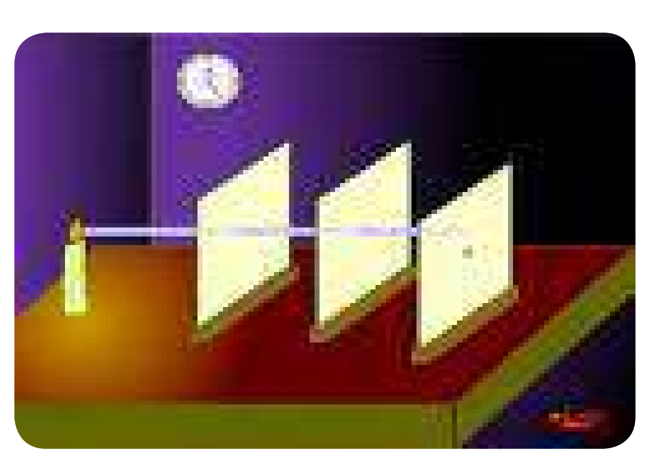




جسم مستضيء شكل (1-5) جسم مضيء

يُمكننا الضوء الساقط على الاجسام والمنعكس عنها والواصل الى العين من رؤيتها . فالاجسام التي تبعث الضوء ندعوها بالاجسام المضيئة كالشمعة المتقدة والشمس والاجسام التي تعكس الضوء ندعوها بالاجسام المستضيئة كالقمر شكل(1-5) ولكن لا يقتصر فعل الضوء على هذا فمثلا تسخن الاجسام التي تسقط عليها اشعة الشمس وهذا يعني ان الضوء يمتلك طاقة ينقلها من الشمس الى الارض عبر الفضاء الخالي . ومن المعلوم ان الطاقة تنقل اما بوساطة الموجات او الجسيمات . وعلى هذا الاساس تم تفسير طبيعة الضوء على وفق فرضيتين : هما النظرية الدقائقية والنظرية الموجية .

ووفق النظرية الدقائقية فأن الضوء عبارة عن سيل من الجسيمات الصغيرة جداً التي دعاها نيوتن بالدقائق (corpuscles) المنتشرة في وسط ما .وقد فسّر بموجبها ظواهر الانعكاس والانكسار وانتشار الضوء بخطوط مستقيمة في الوسط المتجانس (الا ان تفسيره لظاهرة الانكسار كان خاطئاً). لاحظ الشكل (2-5) .

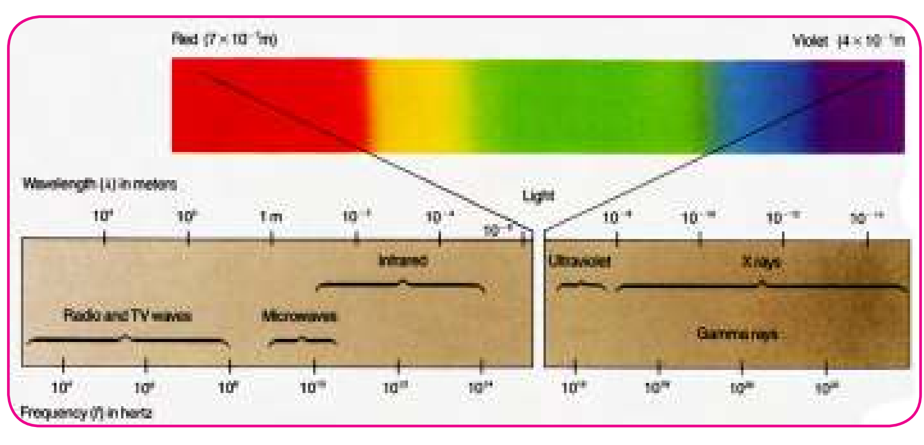


شكل (2-5)

اما العالم هايجنز الذي عاصر نيوتن فقد افترض النظرية الموجية للضوء التي فسّر بموجبها ظواهر الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود في الضوء. وكان لكل واحدة من هاتين النظريتين مؤيدون ومعارضون وقد سادت النظرية الدقائقية لأكثر من قرن لما كان يتمتع به العالم نيوتن من مكانة علمية مرموقة. على الرغم من ان اي من هاتين النظريتين وبصورة منفردة لم تستطيع تفسير جميع الظواهر البصرية تفسيراً كاملاً .

في نهاية القرن التاسع عشر وضع العالم كلارك ماكسويل النظرية الكهرومغناطيسية وبموجبها بين ان كل شعاع ضوئي هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية

وبذلك عزز دور النظرية الموجية من جديد. ومن ملاحظة الشكل $(3-5)$ نجد ان ترددات الطيف الكهرومغناطيسي يتضمن ترددات موجات الضوء المرئي التي اطوالها الموجية تمتد من $400nm$ تقريباً وهو اللون البنفسجي الى $700nm$ تقريباً وهو اللون الاحمر .



شكل (3-5)

يمكن ايجاد تردد الضوء المرئي بدلالة طوله الموجي (λ) وسرعة الضوء في الفراغ على وفق العلاقة التالية:

$$\text{التردد} = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{الطول الموجي}}$$

اي ان :

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

حيث ان :

c = سرعة الضوء في الفراغ $(3\times10^{8}\,m/s)$

λ = طول الموجة

f = التردد

هل تعلم

السنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ بسرعة $3\times10^{8} m/s$ في مدة 365 يوم والتي تقدر بحوالي 10^{13}km.

ومن الجدير بالذكر ان هناك ظواهر اخرى اخفقت النظرية الكهرومغناطيسية في تفسيرها مثل ظاهرة اشعاع الجسم الاسود والظاهرة الكهروضوئية . والتي فسرت لاحقاً من قبل العالم ماكس بلانك (Max plank) اذ افترض ان الضوء لا يشع من مصدره على هيئة موجات بل على هيئة رزم محددة من الطاقة غير قابلة للتجزئة تدعى كمّات (فوتونات). وان طاقة الكم الضوئي (الفوتون) تتناسب طردياً مع تردد اشعاعه

اي ان :

طاقة الفوتون = ثابت بلانك × تردد الاشعاع

photon energy = planck constant × frequency of radiation

$$E = h.f$$

حيث ان:

E = طاقة كم الاشعاع، f = التردد، h = ثابت بلانك ويساوي $6.63\times10^{-34} J.S.$

مثال1

إحسب تردد الضوء البنفسجي الذي طوله الموجي $(400nm)$ ، علماً أن سرعة الضوء في الفراغ تساوي $c=3\times10^{8} m/s$ ؟

الحل :

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$f = \frac{3\times10^{8}}{400\times10^{-9}}$$

تردد الضوء البنفسجي $f = 7.5\times10^{14}\ Hz$

مثال2

ما طاقة فوتون الاشعاع للضوء الاخضر الذي طوله الموجي $555nm$ ؟

الحل: طاقة الفوتون = ثابت بلانك × التردد

$$E = h.f$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

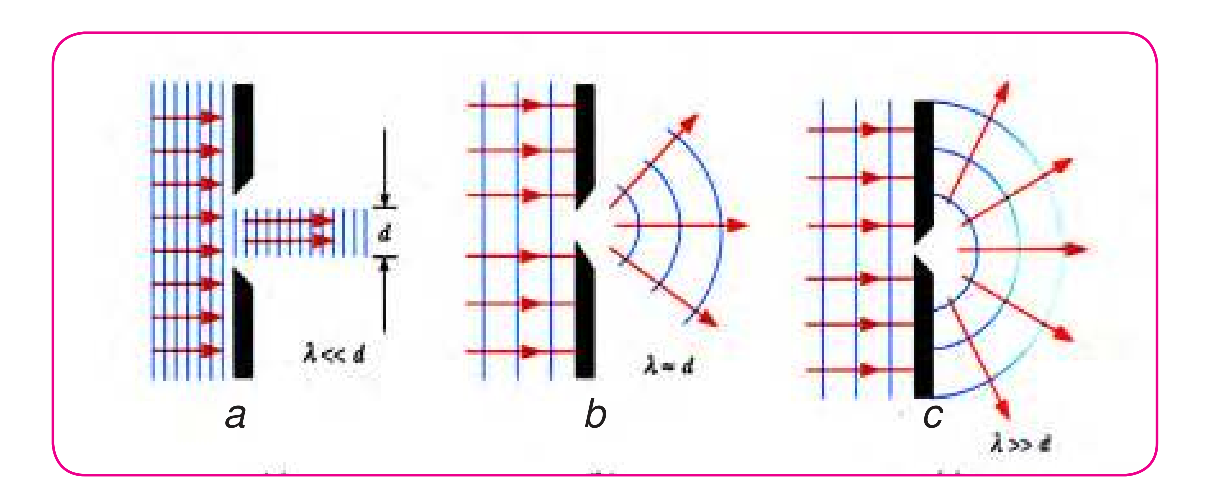
$$\lambda = 555nm = 555\times10^{-9} m$$

$$E = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{555\times10^{-9}}$$

طاقة فوتون الاشعاع للضوء الاخضر $E=3.58\times10^{-19} J$

2-5 المصدر النقطي للضوء

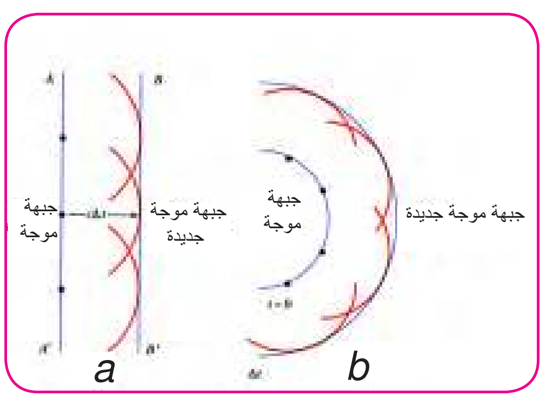
ان موجات الضوء تنتقل في الوسط المتجانس في خطوط مستقيمة وباتجاه انتشار الاشعة الضوئية . فاذا صادفت هذه الموجات حاجزاً فيه فتحة دائرية قطرها (d) اكبر كثيراً من طول موجة الضوء$(d>>\lambda)$ فان الموجة تجتاز هذه الفتحة مستمرة على الحركة بخط مستقيم لاحظ الشكل $(a\text{-}4\text{-}5)$. اما اذا كان قطر فتحة الحاجز بقدر طول الموجة تقريباً لهذا الضوء $(d=\lambda)$ عندها ستنفذ منتشرة من الفتحة في جميع الاتجاهات لاحظ الشكل $(b\text{-}4\text{-}5)$. اما اذا كـــان قطر فتحة الحاجز اصغر بكثير من الطول الموجي للضوء $(d<<\lambda)$ عندئذ تعد هذه الفتحة مصدراً نقطياً للضوء لاحظ الشكل $(c\text{-}4\text{-}5)$.



شكل (5-4)

3-5 مبدأ هايجنز Huygen's Principle

إن مبدأ هايجنز هذا ينص «كل نقطة من نقاط جبهة الموجة المفترضة تعد مصدراً نقطياً لتوليد موجات ثانوية كروية تسمى المويجات والتي تنتشر بعيداً عن المصدر خلال الوسط بسرعة معينة للموجات في ذلك الوسط. وبعد انقضاء بعض الوقت يكون الموضع الجديد لجبهة الموجة هو السطح المماس للمويجات.لنتأمل موجة مستوية تتحرك عبر الفضاء الخارجي الحر لاحظ الشكل$(a\text{-}5\text{-}5)$ عند الزمن $(t=0)$. جبهة الموجة موضحة بوساطة المستوى AA' .



شكل (5-5)

على وفق مبدأ هايجنز الافتراضي كل نقطة على جبهة الموجة تعد مصدراً نقطياً . وبالطريقة نفسها يظهر الشكل (b-5-5) بناء نظرية هايجنز الافتراضي لموجة كروية .

الشكل (5-6) يظهر فيه مبدأ هايجنز . موجات مستوية قادمة من بعيد نحو الشاطىء مارة من فتحات في الجدار الحاجز بهيئة موجات دائرية ذات بعدين منتشرة نحو الخارج باتجاه الساحل.



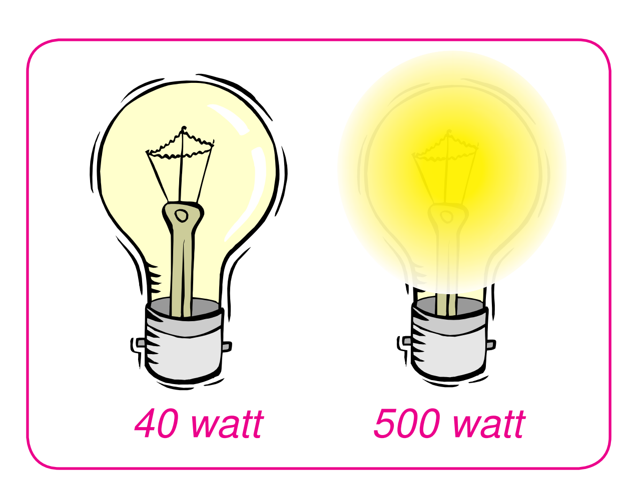
شكل (5-6)

4-5 قوة الاضاءة Luminous Intensity

لاحظنا سابقاً اختلاف المصادر الضوئية في اصدارها للضوء فالشمس تضيء اكثر مما يضيء المصباح . على سطح معين والمصباح يضيء اكثر مما تضيء الشمعة للظروف نفسها .

فلو اخذنا مصباحين متماثلين من النوع نفسه وقدرة احدهما 500 watt والاخر 40 watt ، فالمصباح الاول يضيء اكثر من المصباح الثاني لاحظ الشكل (5-7) . ان هذا الاختلاف يعود الى اختلاف قوة الاضاءة اي اختلاف المعدل الزمني للطاقة المنبعثة من كل مصدر من المصدرين الضوئيين وعلى هذا الاساس يمكننا القول : ان قوة اضاءة المصباح الاول اكثر من قوة اضاءة المصباح الثاني وتعرف قوة الاضاءة لمصدر ضوئي بانها كمية الطاقة الضوئية (المرئية) المنبعثة من مصدر ضوئي خلال وحدة الزمن.

لتقييم تأثير الاشعة الضوئية في العين تستعمل كمية فيزيائية تسمى السيل الضوئي والذي يعرف بأنه: ذلك الجزء من سيل الاشعاع الذي يولد احساساً ضوئياً في العين فهو مقياس لقوة إضاءة المصدر (I) .



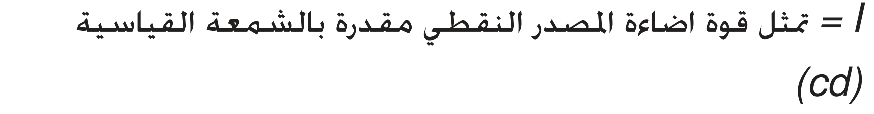
شكل (5-7)

ويعبر عنه وفق العلاقة الرياضية الاتية:

السيل الضوئي = 4π × قوة اضاءة المصدر

$$\Phi = 4\pi\, I$$

حيث ان:

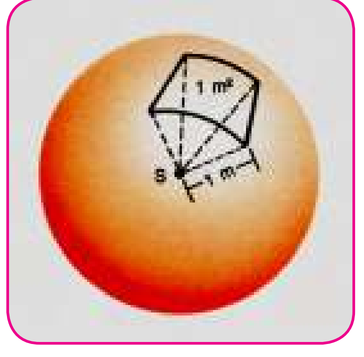


I = تمثل قوة اضاءة المصدر النقطي مقدرة بالشمعة القياسية (cd)

ويقاس السيل الضوئي Φ بوحدة اللومن (Lm) والذي يعرف بالسيل الساقط على وحدة المساحة ($1m^2$) من سطح كروي نصف قطره متر واحد ويقع في مركزه مصدر ضوئي نقطي قوة اضاءته شمعة قياسية واحدة (cd) لاحظ الشكل (5-8) .

هل تعلم

ان مصباح الاضاءة الكهربائي الذي قدرته 100W قوة إضاءته 139cd ويبعث عند اشتغاله سيلاً ضوئياً مقداره (1750 Lm) .



شكل (5-8)

5-5 شدة الاستضاءة (E) ILLuminance

يصعب رؤية الاجسام من حولنا في غرفة مظلمة، ولكن عند وجود الشمعة المتقدة يمكّننا ضوئها من رؤية الاجسام من حولنا ويفسر ذلك بانتشار سيل ضوئي من مصدر الضوء (الشمعة) حيث ينعكس قسماً من السيل الساقط على تلك الاجسام الى العين فيمكننا عندئذ من رؤية هذه الاجسام. فكلما كان السيل الضوئي الساقط على الاجسام المنظورة اكبر كانت رؤيتنا لهذه الاجسام اكثر وضوحاً ، اي ان كمية شدة الاضاءة (E) هي التي تميّز اختلاف رؤية الاجسام الذي يسببه السيل الضوئي الساقط عليها وندعوها بشدة الاستضاءة .

فعندما يكون السيل الضوئي الساقط على السطح منتظماً عندئذ تقاس كمية شدة الاستضاءة بالسيل الضوئي الساقط عمودياً على وحدة المساحة من هذا السطح . اي أنّ :

$$\text{شدة الاستضاءة} = \frac{\text{السيل الضوئي}}{\text{المساحة}}$$

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

حيث : E= شدة الاستضاءة وتقاس بوحدة $Lumen / m^2$ وتسمى اللوكس (Lux) اي ان:

$$Lux = Lm / m^2$$

A= المساحة مقدرة بـــ(m^2).

Φ = السيل الضوئي مقدر بـ (Lm)

تقاس شدة الاستضاءة E بوساطة جهاز الفوتوميتر $Photometer$ واللوكسميتر . لاحظ الشكل$(9-5)$.



شكل (9-5)

6-5 قانون التربيع العكسي : Inverse Square Law

هناك طريقتان لزيادة شدة الاستضاءة على سطح ما باستعمال مصدر نقطي قوة اضاءته معلومة وهما :

1) زيادة السيل الضوئي Φ الساقط على السطح المضاء .



2) نقصان المسافة بين المصدر الضوئي النقطي والسطح المضاء .

وعلى هذا الاساس فإن شدة الاستضاءة (E) تتناسب طردياً مع السيل الضوئي للمصدر وعكسياً مع مربع المسافة بين المصدر الضوئي النقطي و السطح المستضيء المواجه للمصدر الضوئي وفق العلاقة الاتية:

$$E = \frac{\Phi}{4\pi r^2}$$

Φ = السيل الضوئي الساقط ويكون عمودياً على المساحة .

r = بعد المصدر الضوئي النقطي عن السطح المستضيء.

- ان المعادلة اعلاه تتحقق فقط في حالة السقوط العمودي للضوء الصادر عن مصدر ضوئي نقطي.

نشـــاط:

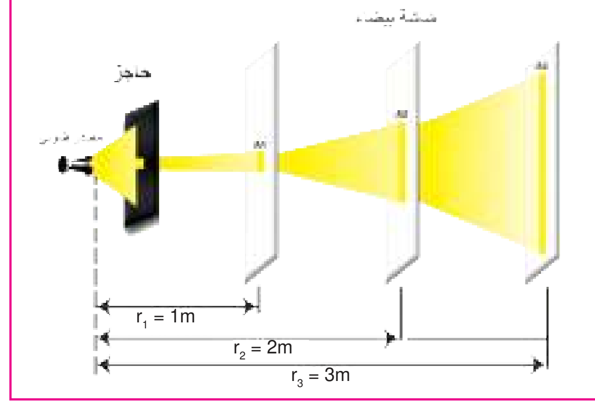
شدة الاستضاءة لمصدر ضوئي نقطي تتناسب عكسياً مع مربع بعد المصدر عن السطح المضاء .

أدوات النشاط ..

مصدر ضوئي ، حاجز فيه فتحة مربعة الشكل ، شاشة بيضاء

الخطوات ..

- نثبت الحاجز أمام المصدر الضوئي ونجعل الشاشة على بعد $r_1=1m$ من المصدر. فسوف يظهر على الشاشة سطحاً مضاءً والذي مساحته A_1 مربع الشكل .



- نجعل الشاشة على بعد $r_2=2m$ من المصدر فسوف يظهر سطحٌ مضاء مربع الشكل مساحته A_2 تساوي اربع مرات بقدر A_1 اي ان شدة الاستضاءة على الشاشة قلّت الى $\frac{1}{4}$ ما كانت عليه اولاً .
- نجعل الشاشة على بعد $r_3=3m$ من المصدر فسوف نستلم على الشاشة سطحٌ مضاء مربع الشكل مساحته A_3 تساوي تسع مرات بقدر A_1 اي ان شدة الاستضاءة على الشاشة قلت الى $\frac{1}{9}$ ما كانت عليه اولاً .

الاستنتاج : بما ان السيل الضوئي Φ الساقط على السطح يبقى ثابتاً constant في الحالات الثلاث

وان

$$\Phi = constant$$

$$E = \frac{\Phi}{4\pi r^2}$$

$$E \alpha \frac{1}{r^2}$$

ان شدة الاستضاءة على السطح المضاء تتناسب عكسياً مع مربع بعده عن المصدر الضوئي النقطي

اي ان :

$$E_1 = \frac{\Phi}{4\pi r_1^2} \quad و \quad E_2 = \frac{\Phi}{4\pi r_2^2}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

مثال 1

وضعت شاشة بيضاء بمستوي عمودياً على اتجاه سقوط اشعة ضوئية من مصدر نقطي قوة اضاءته $(5cd)$. احسب مقدار شدة الاستضاءة على الشاشة إذا كان بعدها عن المصدر $(5m)$.

الحل /

$$\text{شدة الاستضاءة} = \frac{\text{قوة الأضاءة}}{\text{مربع البعد عن المصدر}}$$

في حالة السقوط العمودي

$$E = \frac{I}{r^2}$$

$$E = \frac{5}{25} \; Lm/m^2 \; , \; E = 0.2 \; Lux$$

مثال 2

مصباح قوة اضاءته $(32cd)$ يبعد $(0.6m)$ عن شاشة وهناك مصباح آخر من الجهة الثانية من الشاشة يبعد عنها $(1.2m)$ فإذا تساوت شدة الاستضاءة على وجهي الشاشة، مامقدار قوة اضاءة المصباح الثاني؟

الحل/ بما ان

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$\frac{I_2}{32} = \frac{(1.2)^2}{(0.6)^2}$$

$$I_2 = \frac{32 \times 1.44}{0.36}$$

قوة اضاءة المصباح الثاني $I_2 = 128 \; cd$

اسئلة

س1 / اختر العبارة الصحيحة لكل مما يلي :

1. ينتشر الضوء الصادر عن مصدر نقطي في الفراغ :

a- باتجاه واحد .
c- بجميع الاتجاهات .
b- باتجاهين .
d- جميع الاحتمالات السابقة .

2. عند انتقال حزمة من الضوء بصورة مائلة من وسط لآخر فالكمية التي لا تتغير هي:

a- اتجاهها .
c- طولها الموجي .
b- انطلاقها .
d- ترددها .

3. لمضاعفة شدة الاستضاءة مباشرة فوق سطح منضدة افقية فوقها تماماً مصباح مضيء على ارتفاع 1m من مركزها وذلك بجعل المصباح على ارتفاع :

a- 0.75m
c- 0.5m
b- 0.707m
d- 0.25m

4. تقاس قوة الاضاءة بوحدة :

a- شمعة قياسية (candle) .
c- watt.
b- Lux.
d- lumen .

5. تقاس شدة الاستضاءة بوحدة :

a- Joule
c- Lux
b- lumen
d- watt

6. كلما ازداد بعد السطح المضاء بوساطة مصدر نقطي فإن شدة الاستضاءة للسطح :

a- تقل .
c- لا تتأثر .
b- تزداد .
d- جميع الاحتمالات السابقة .

7. مصدر ضوئي نقطي موضوع عند مركز سطح كروي . فلو ازداد نصف قطر تكور هذا السطح ، فان السيل الضوئي الساقط عليه من المصدر:-

a- يتناقص . c- لا يتغير .

b- يتزايد . d- كل الاحتمالات السابقة .

مسائل

س1- مصباحان قوة إضاءة الاول تسعة امثال قوة إضاءة الثاني وكانت المسافة بينهما 1m . اين يجب وضع فوتومتر بين المصدرين لكي تصبح شدة الاستضاءة متساوية على جانبي الفوتومتر؟

ج : $X = 0.75m$

س2- وضع مصباح قوة اضاءته (12cd) على بعد (1.2m) من فوتومتر ووضع في الجهة الثانية منه مصباح آخر على بعد (1.32m)، فتساوت شدة الاستضاءة على جانبي الفوتومتر . احسب قوة اضائة المصباح الثاني .

ج : $I_2 = 14.52cd$

س3- مصباح مضيء يسلط عمودياً على صفحة كتاب سيلاً ضوئياً مقداره $(100\pi Lm)$ ما بعد المصباح عن الكتاب؟ اذا كانت شدة إضاءته (4Lux).

ج : $r = 2.5m$

س4- في ليلة مقمرة كان القمر فيها بدراً شدة الاستضاءة (0.6Lux) جد قوة إضاءة القمر في تلك الليلة. علماً ان المسافة بين الارض والقمر $(3.84\times10^{8}\ m)$؟

ج : $I = 8.84\times10^{16}cd$

س5- فوتون ضوئي طول موجة اشعاعه (600nm) . ما مقدار طاقة هذا الكم علماً ان ثابت بلانك $h = 6.63\times10^{-34} J.s$ ؟

ج : $E = 3.315\times10^{-19}\ J$

الفصل السادس

6

انعكاس وانكسار الضوء

1-6 مقدمة في انعكاس وانكسار الضوء.
Introduction to Reflection and Refraction of Light



شكل (6-1)

لو سئلنا السؤال التالي: ما سبب تكون صورة لمجموعة الجبال والاشجار في الماء كما في الشكل(6-1)؟ فان جوابك سيكون ان تكوّن الصورة هو نتيجة لظاهرة انعكاس الضوء. فما الذي نقصده بانعكاس الضوء؟ وماذا يحدث عند سقوط الضوء على سطح شفاف مثلاً ؟

يقصد بانعكاس الضوء بانه ظاهرة ارتداد الضوء الساقط على سطح فاصل بين وسطين الى الوسط الذي قدم منه . فاذا سقط الضوء على سطح ما انعكس جزء منه ونفذ جزء آخر من خلال الاجسام الشفافة وامتص الباقي من لدن ذلك السطح. لاحظ الشكل (6-2).



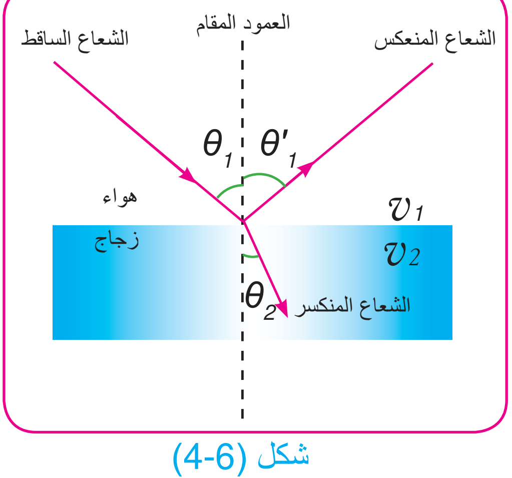
شكل (6-2)

وضحنا فيما سبق وبشكل موجز ظاهرة انعكاس الضوء. فهل هذا هو سلوك الضوء دائماً عندما يسقط على السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين؟ سؤال يقتضي الاجابة عليه. كما اننا بحاجة ايضا الاجابة على السؤالين التاليين : لماذا تبدو السمكة في حوض فيه ماء على عمق اقل من عمقها الحقيقي؟ ولماذا يبدو القلم مكسوراً عند وضعه في كأس مملوءة بالماء؟ لاحظ الشكل (6-3) .ان السبب في ذلك هو ظاهرة انكسار الضوء . فماذا نعني بانكسار الضوء ؟ ان انكسار الضوء

هو تغير في اتجاه الشعاع الضوئي عند انتقاله بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية اذا سقط بصورة مائلة على السطح الفاصل بين الوسطين. فماذا نقصد بالكثافة الضوئية؟ الكثافة الضوئية هي صفة للوسط الشفاف تعتمد عليها سرعة الضوء المار فيه . فكلما كبرت الكثافة الضوئية للوسط الشفاف قلت سرعة الضوء فيه وبالعكس. فمثلا ان سرعة الضوء في الزجاج (نفترضها هنا v_2) هي اقل من سرعته في الهواء (نفترضها هنا v_1) وسبب ذلك هو ان الكثافة الضوئية للزجاج هي اكبر من الكثافة الضوئية للهواء. لاحظ شكل (6-4).



شكل (6-3)

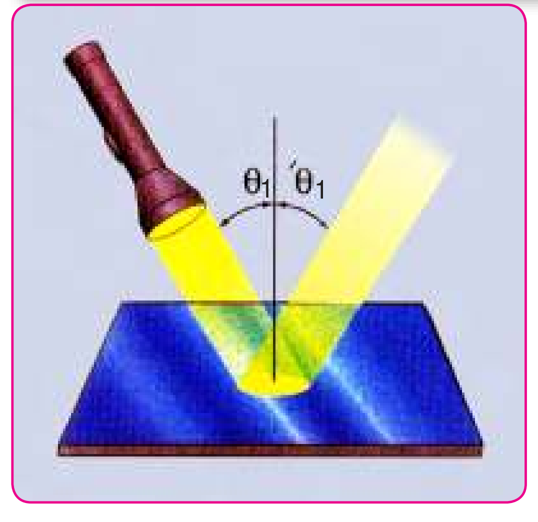


شكل (6-4)

6-2 انعكاس الضوء وقانونا الانعكاس
Reflection of light and the laws of Reflection

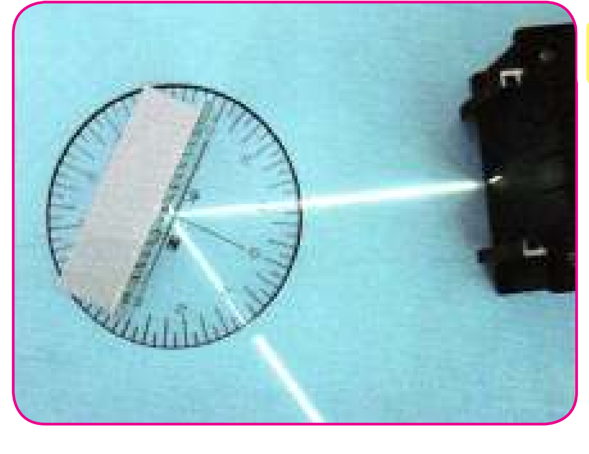
في الفقرة السابقة تطرقنا الى ظاهرة انعكاس الضوء.لاحظ الشكل (6-5). فما هي القوانين التي تحكمه؟ وكيف يمكننا تحقيقها عمليا؟

لتوضيح فكرة انعكاس الضوء عملياً ، نجري النشاط الآتي:



شكل (6-5)

نشـــاط 1: مفاهيم خاصة بانعكاس الضوء



شكل (6-6)

ادوات النشاط: مصدر ضوئي ذو حزمة ضوئية متوازية (أومصدر ليزري). مرآة مستوية ، قطعة من مادة البوليستيرين لنثبت المرآة عليها ، ورقة(أو لوح شفاف) وضعت (أو رسمت) عليها منقلة مدرجة.

الخطوات:

- نرتب ادوات النشاط كما في الشكل(6-6).
- نسقط وبصورة مائلة حزمة رفيعة من اشعة ضـــــوئية صادرة من مصدر ضوئي (او مصدر ليزري) باتجاه المرآة المستوية العمودية على الورقة فأننا سوف نلاحظ انعكاس الضوء من سطح المرآة من نقطة تسمى نقطة السقوط.
- نرسم على الورقة عموداً من نقطة سقوط الشعاع الساقط على السطح العاكس .

هل تستطيع الان ان تستنتج العلاقة بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام بالنسبة للسطح العاكس؟

- نحدد على الرسم زاوية السقوط (θ_1) (وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام). وزاوية الانعكاس (θ'_1) (وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام). ثم نقيس قيمتي زاوية السقوط وزاوية الانعكاس لهذه الحالة .

جدول(1)

زاوية السقوط(θ_1)	25°	30°	35°	40°
زاوية الانعكاس (θ'_1)	25°	30°	35°	40°

- نقوم بتغير زاوية السقوط عدة مرات ونعين قيمة زاوية الانعكاس المناظرة لها في كل حالة وندون النتائج في الجدول(1) .

الاستنتاج : من خلال نتائجك التي حصلت عليها من هذا النشاط لابد انك قد توصلت الى ان انعكاس الضوء هو ظاهرة ارتداد الضوء الساقط على سطح فاصل بين وسطين الى الوسط الذي قدم منه ، كما انك بالتأكيد قد توصلت الى قانوني الانعكاس :

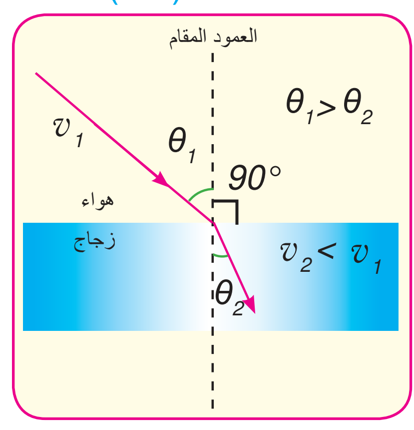
القانون الاول للانعكاس	القانون الثاني للانعكاس
الشعاع الساقط و الشعاع المنعكس و العمود المقام من نقطة السقوط تقع جميعها في مســـــتو واحد	زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس

3-6 انكسار الضوء وقانونا الانكسار .
Refraction of light and the laws of refraction

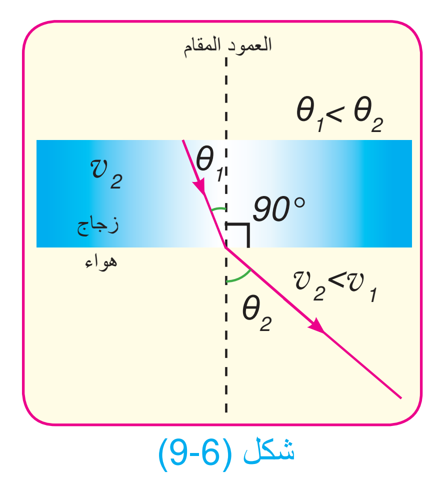
لقد اصبح واضحاً لديك بان عملية انكسار الضوء تعني تغيير اتجاه الشعاع الضوئي عندما ينتقل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية عند سقوطه بصورة مائلة على احد السطحين وان سبب ذلك هو تغير سرعة الضوء في الوسط الشفاف الاول عنه في الوسط الشفاف الثاني, لاحظ شكل (6-7). فكيف يكون مسار الشعاع المنكسر داخل الوسط الكاسر ؟ عندما ينتقل شعاع ضوئي ساقط بصورة مائلة من وسط شفاف اقل كثافة ضوئية كالهواء الى وسط شفاف آخر اكبر كثافة ضوئية كالزجاج , فانه ينفذ الى الوسط الآخر وينكسر مقتربا من العمود المقام على السطح الفاصل بين الوسطين كما في الشكل (6-8) اي ان زاوية السقوط (θ_1) تكون اكبر من زاوية الانكسار (θ_2). وعندما ينتقل شعاع ضوئي ساقط بصورة مائلة من وسط شفاف اكبر كثافة ضوئية الى وسط شفاف آخر أقل كثافة ضوئية, فانه ينفذ الى الوسط الآخر وينكسر مبتعداً عن العمود المقام على السطح الفاصل بين الوسطين كما في الشكل (6-9) . اي ان زاوية السقوط (θ_1) تكون اصغر من زاوية الانكسار (θ_2).

ولتوضيح فكرة انكسار الضوء عملياً نجري النشاط الآتي:


شكل (6-7)



شكل (6-8)



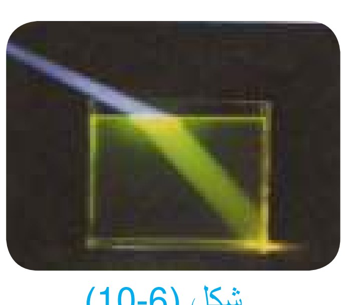
شكل (6-9)

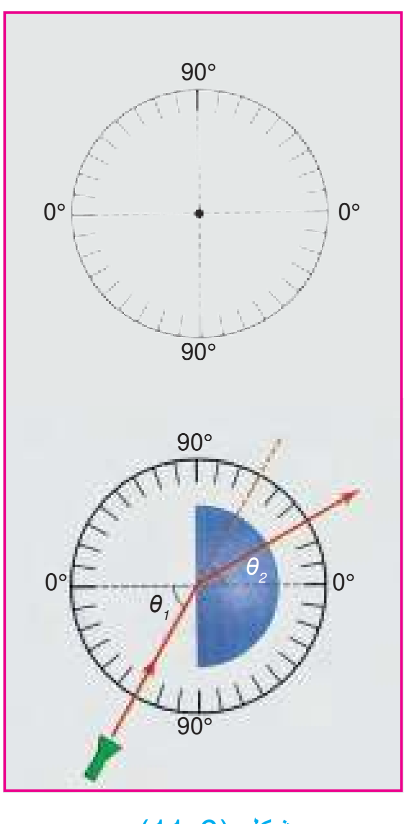
نشـــاط 2: مفاهيم خاصة بانكسار الضوء

ادوات النشاط : حوض شفاف (زجاجي او بلاستيكي فيه ماء), مصدر ضوئي (ذو طول موجي معين) , مسحوق طباشير , منقلة , ورقة.

الخطوات:

- نرتب ادوات النشاط كما في الشكل (6-10), مع ملاحظة بانه يفضل ان يكون مكان العمل ذو خلفية مظلمة.


شكل (6-10)



شكل (6-11)

- نسقط الشعاع الضوئي بحيث يكون عمودياً على السطح الفاصل بين الوسطين الشفافين (الهواء والماء في هذا النشاط). ماذا تلاحظ؟ انك سوف تلاحظ بان الضوء ينفذ على استقامته وبصورة عمودية على السطح الفاصل بين الوسطين من غير ان ينحرف (او ينكسر). اي ان الشعاع الضوئي لا ينكسر.
- نسقط الضوء ولكن هذه المرة بصورة مائلة على السطح الفاصل فعندما تنظر اليه بصورة عمودية من احد الجوانب فانك ستلاحظ ان الضوء النافذ (اي الشعاع المنكسر) هو ليس على استقامة الضوء الساقط كما في حالة السقوط العمودي بل انه قد انحرف عن مساره (اي انكسر) لاحظ الشكلين (6-10) (6-11).
- على الورقة حدد السطح الفاصل بين الوسطين . والشعاع الساقط والشعاع المنكسر وكذلك العمود المقام على السطح الفاصل من نقطة السقوط . والان لابد انك قد لاحظت بان الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام كلها تقع في مستو واحد عمودي على السطح الفاصل .
- باستعمال المنقلة جد قيمة الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام . اي زاوية السقوط (θ_1) . كذلك جد قيمة الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام . اي زاوية الانكسار (θ_2) فهل وجدتهما متساويتين ؟ والحقيقة انك ستلاحظ بانهما غير متساويتين .
- غير عدة مرات قيمة زاوية السقوط فانك ستلاحظ تغير قيمة زاوية الانكسار المناظرة لها في كل حالة . ثم جد جيب زاوية السقوط وجيب زاوية الانكسار المناظرة لها لكل حالة (يمكنك ان ترتب هذه القيم في جدول). فانك ستجد ان النسبة بين جيب زاوية السقوط$(\sin\theta_1)$ وجيب زاوية الانكسار $(\sin\theta_2)$. مقدار ثابت في جميع الحالات . من خلال النشاط السابق فانك قد تعرفت الى بعض المفاهيم المتعلقة بظاهرة انكسار الضوء والتي سبق لك ان درستها والتي تنص على:

القانون الاول للانكسار

الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل تقع جميعها في مستوٍ واحد عمودي على السطح الفاصل بين وسطين شفافين .

القانون الثاني للانكسار

النسبة بين جيب زاوية السقوط وجيب زاوية الانكسار يساوي مقداراً ثابتاً.



لكل زاوية سقوط زاوية انكسار معينة خاصة بها بين وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية

4-6 معامل الانكسار وقانون سنيل Index of refraction and Snell's law

لاحظنا سابقاً بأن النسبة بين جيب زاوية السقوط للشعاع الساقط في الوسط الشفاف الاول و جيب زاوية الانكسار في الوسط الشفاف الثاني هي نسبة ثابتة لهذين الوسطين .ان هذه النسبة تسمى معامل الانكسار من الوسط الشفاف الاول الى الوسط الشفاف الثاني او معامل الانكسار النسبي بين الوسطين الشفافين ويعطى حسب العلاقة الاتية:

$$ {}_1n_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad \text{........ . (1-6)} $$

حيث:

$\sin \theta_1$: جيب زاوية السقوط للشعاع الساقط في الوسط الشفاف الاول.

$\sin \theta_2$: جيب زاوية الانكسار للشعاع المنكسر في الوسط الشفاف الثاني.

${}_1n_2$: معامل الانكسار النسبي بين الوسطين الشفافين أو معامل الانكسار من الوسط الشفاف الاول الى الوسط الشفاف الثاني.

ان معامل الانكسار النسبي بين الوسطين الشفافين يساوي ايضاً النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الشفاف الأول (υ_1) وسرعة الضوء في الوسط الشفاف الثاني (υ_2) اي ان :

$$ {}_1n_2 = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} \quad \text{........ . (2-6)} $$

ومن المعادلتين (6-1) و (6-2) فانه يمكن كتابة:

$$\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad .... \; (3\text{-}6)$$

وباستعمال مبدأ(هايجنز) (Huygens's principle) والذي تعرفت عليه سابقاً فانه :

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad .... \; (4\text{-}6)$$

حيث :

(λ_1) : طول موجة الضوء في الوسط الشفاف الأول(أو المادة الشفافة الاولى).

(λ_2) :طول موجة الضوء في الوسط الشفاف الثاني(أو المادة الشفافة الثانية).

ومن المعادلتين (6-3) و (6-4) فانه يمكن الحصول على:

$$\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad .... \; (5\text{-}6)$$

وفي حالة كون الوسط الشفاف الأول هو الفراغ . فعند ذلك تصبح ($\upsilon_1 = c$) في معادلة (6-2) حيث (c) تمثل سرعة الضوء في الفراغ وتساوي ($3 \times 10^8 m/s$) . وفي هذه الحالة فان معامل الانكسار يسمى بمعامل الانكسار المطلق (n) ويعطى حسب العلاقة الاتية:

$$\text{معامل الانكسار المطلق للوسط الشفاف(أو للمادة الشفافة)} = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الوسط الشفاف(أو المادة الشفافة)}}$$

$$n = \frac{c}{\upsilon} \quad .... \; (6\text{-}6)$$

حيث($\mathcal{V}$) تمثل سرعة الضوء في الوسط الشفاف المادي . اي ان معامل الانكسار المطلق للمادة الشفافة يساوي النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعة الضوء في المادة الشفافة. ومن الجدير بالذكر أن سرعة الضوء في اي مادة (أو وسط) هي دائماً أقل من سرعته في الفراغ.

مثال 1

وجد ان سرعة الضوء في وسط شفاف تساوي ($1.56 \times 10^8 m/s$). جد معامل الانكسار المطلق لهذا الوسط ، اذا علمت ان سرعة الضوء في الفراغ تساوي ($3 \times 10^8 m/s$) ؟

الحل: لدينا العلاقة:

$$\text{معامل الانكسار المطلق للوسط الشفاف} = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الوسط الشفاف}}$$

$$n = \frac{c}{\mathcal{V}} = \frac{3\times10^8}{1.56\times10^8} = \frac{3}{1.56}$$

معامل الانكسار المطلق $n=1.92$

تذكر

معامل الانكسار المطلق للفراغ يساوي واحد ($n=1$) .

الجدول (2) يبين قيم معامل الانكسار المطلق لبعض المواد (غازية ، سائلة ، صلبة) .
(لضوء الصوديوم ، طول موجته حوالي 589nm) في درجة حرارة $20^{o}C$

جدول (2)

المادة	معامل الانكسار المطلق	المادة	معامل الانكسار المطلق	المادة	معامل الانكسار المطلق
1- غازات *		2- سوائل **		3- مواد صلبة **	
هواء	1.00029	الماء	1.33	البوليستيرين	1.49
بخار ماء	1.00025	الاسيتون	1.36	زجاج شبابيك (تاجي)	1.52
ثنائي اوكسيد الكاربون	1.00045	رابع كلوريد الكاربون	1.46	كلوريد الصوديوم	1.54
		الكليسرين	1.47	الزركون	1.92
				الماس	2.42

لقد تعرفت مما سبق على معامل الانكسار المطلق لمادة شفافة او وسط شفاف وكذلك على معامل الانكسار النسبي بين وسطين شفافين ، فهل توجد علاقة تربط بين معامل الانكسار النسبي بين وسطين شفافين ومعاملي الانكسار المطلقين لهما ؟ وماهي تلك العلاقة ؟
من المعادلة (6-6) فانه يمكننا كتابة معامل الانكسار المطلق للوسط الشفاف الاول :

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad .... (7-6)$$

وكذلك فان معامل الانكسار المطلق للوسط الشفاف الثاني يساوي:

$$n_2 = \frac{c}{v_2} \quad .... (8-6)$$

وبقسمة معادلة (8-6) على معادلة (7-6) نحصل على :

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad .... (9-6)$$

* في ضغط واحد جو ودرجة حرارة $0°C$

** مقربة الى مرتبتين بعد الفارزة

ومن المعادلة (5-6) فانه يمكن الحصول على :

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad .... (10\text{-}6)$$

وكذلك من المعادلتين (2-6) و (9-6) فانه يمكننا كتابة :

$${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} \quad .... (11\text{-}6)$$

اي ان معامل الانكسار النسبي من الوسط الشفاف الاول الى الوسط الشفاف الثاني يساوي النسبة بين معامل الانكسار المطلق للوسط الشفاف الثاني الى معامل الانكسار المطلق للوسط الشفاف الاول.
وبعد استنتاجنا العلاقة السابقة اي المعادلة (11-6) اصبح في مقدورنا الان التوصل الى أحد القوانين المهمة في فيزياء البصريات، ألا وهو قانون سنيل (Snell's law) فكيف يمكننا التوصل اليه ؟
باستعمال المعادلتين (1-6) و (11-6) فانه يمكننا كتابة:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad .... (12\text{-}6)$$

اي ان :

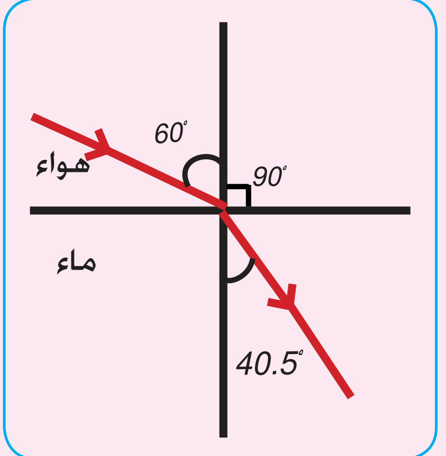
معامل الانكسار المطلق للوسط الشفاف الاول × جيب زاوية السقوط فيه = معامل الانكسار المطلق للوسط الشفاف الثاني × جيب زاوية الانكسار فيه.

ان المعادلة السابقة (13-6) تسمى بقانون سنيل، اي ان :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad .... (13\text{-}6) \quad \text{(قانون سنيل)}$$

مثال2

سقط شعاع ضوئي من الهواء على سطح الماء بزاوية سقوط قياسها (60°) وكانت زاوية انكساره في الماء تساوي (40.5°). جد معامل الانكسار المطلق للماء ؟ (مع العلم بان $(\sin60^\circ=0.866$ ، $\sin40.5^\circ=0.649)$



الحل: من قانون سنيل :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$1 \times \sin 60^\circ = n_2 \times \sin 40.5^\circ$$

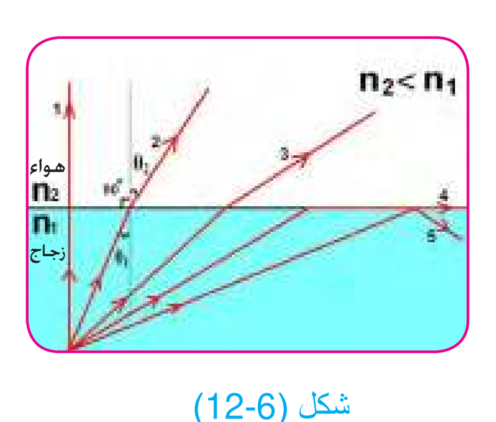
$$1 \times 0.866 = n_2 \times 0.649$$

$$n_2 = \frac{0.866}{0.649} = 1.33$$

وهو معامل الانكسار المطلق للماء

5-6 الزاوية الحرجة والانعكاس الكلي الداخلي . Critical angle and the total internal reflection

اذا سقط شعاع ضوئي من وسط شفاف معامل انكساره المطلق كبير (n_1) (اكثف ضوئياً) ،كالزجاج مثلاً، الى وسط شفاف آخر معامل انكساره المطلق اصغر (n_2) (اقل كثافة ضوئية)، كالهواء مثلاً، فان الشعاع المنكسر يبتعد عن العمود المقام على السطح الفاصل عند نقطة السقوط. وكلما ازدادت زاوية السقوط في الوسط الشفاف الاول (الزجاج) ازدادت زاوية الانكسار في الوسط الشفاف الثاني(الهواء) على وفق قانون سنيل. لاحظ الشكل (12-6). وعندما تصبح زاوية الانكسار مساوية الى (90°) في الوسط الشفاف الثاني فان زاوية السقوط في الوسط الشفاف الاول تسمى بالزاوية الحرجة. فماذا نقصد بالزاوية الحرجة ؟



شكل (12-6)

الزاوية الحرجة هي زاوية السقوط في الوسط الاكثف ضوئياً والتي زاوية انكسارها قائمة $(90°)$ في الوسط الاخر الاقل منه كثافة ضوئية . وتحدث الزاوية الحرجة دائماً في الوسط الشفاف الذي معامل انكساره المطلق اكبر من معامل الانكسار المطلق للوسط الشفاف الآخر عند السطح الفاصل بينهما { لاحظ الشكلين $(6-12)$ و $(6-13)$ }. فماذا يحصل لو ازدادت زاوية السقوط بحيث اصبح قياسها اكبر من قيمة الزاوية الحرجة ؟

العمود المقام

$n_2 < n_1$

هواء n_2

زجاج n_1

θ_c

شكل $(6-13)$

فاذا سقط الضوء بزاوية سقوط اكبر من الزاوية الحرجة داخل الوسط الشفاف الاكثف ضوئياً (ذو معامل الانكسار المطلق الاكبر) فان الاشعة الضوئية سوف لاينفذ منها اي جزء الى الهواء (اي لاتنكسر) بل تنعكس باكملها انعكاساً كلياً داخلياً عن السطح الفاصل بين الوسطين الشفافين ، مرتدة الى الوسط الشفاف الاكثف ضوئياً الذي قدمت منه وفق قانوني الانعكاس ، وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي.



شكل $(6-14)$

تذكر

ان ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي لاتحدث الا اذا توافر الشرطان الآتيان:

1 - عندما ينتقل الضوء من وسط شفاف الى وسط شفاف آخر أقل منه كثافة ضوئية.

2 - عندما تكون زاوية السقوط في الوسط الشفاف الاكثف ضوئياً اكبر من الزاوية الحرجة الخاصة به.

وبتطبيق قانون سنيل بين الوسط الشفاف الاكثف ضوئياً ذو معامل الانكسار المطلق (n_1) والذي حدثت به الزاوية الحرجة (θ_c) والوسط الشفاف الآخر الأقل كثافة ضوئية ذو معامل الانكسار المطلق (n_2).
وعندما $\theta_1 = \theta_c$ و $\theta_2 = 90°$ فاننا نجد (حيث ان $\sin 90° = 1$):

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad .... (14\text{-}6) \qquad (n_2 < n_1)$$

وفي حالة ان يكون الهواء هو الوسط الشفاف الأقل كثافة ضوئية، اي ان $n_2 = 1$ ، وباستعمال المعادلة $(14\text{-}6)$ فأننا نحصل على:

$$n = \frac{1}{\sin \theta_c} \quad .... (15-6)$$

وهذا يعني ان معامل الانكسار المطلق لوسط شفاف (أومادة شفافة) يساوي مقلوب جيب الزاوية الحرجة لهذا الوسط (أو المادة الشفافة).



شكل (15-6)

ومن الجدير بالذكر ان الماس يدين بقدر كبير من جماله لظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي، حيث يعزى تألق الماس وبريقه الى ان زاويته الحرجة (حوالي 24.4°) تعد من اصغر الزوايا الحرجة نسبيا لذا فان معامل انكساره المطلق (حوالي 2.42) يعد نسبياً من اكبر معاملات الانكسار المطلقة . فالضوء الساقط على الماس والنافذ الى داخله سيعاني عدة انعكاسات كلية ليخرج بعدها الى عين الناظر مكسباً الماس ذلك البريق المتألق ، لاحظ الشكل(15-6).

مثال3

اذا علمت ان الزاوية الحرجة(41.1°) للضوء المنتقل من مادة شفافة الى الهواء. فما هو معامل الانكسار المطلق لهذه المادة؟ مع العلم بان($\sin 41.1^\circ = 0.657$)

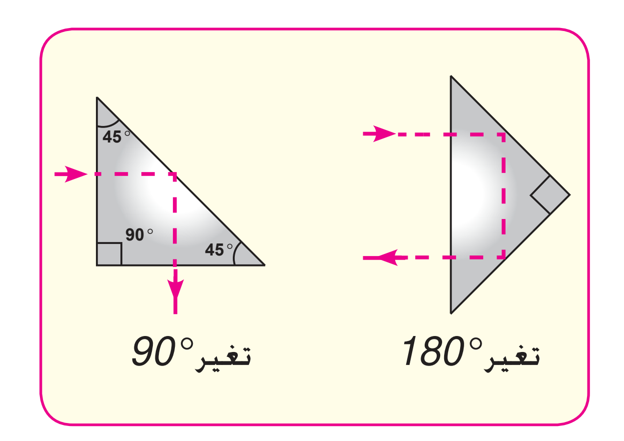
الحل: لدينا العلاقة :

$$n = \frac{1}{\sin \theta_c}$$

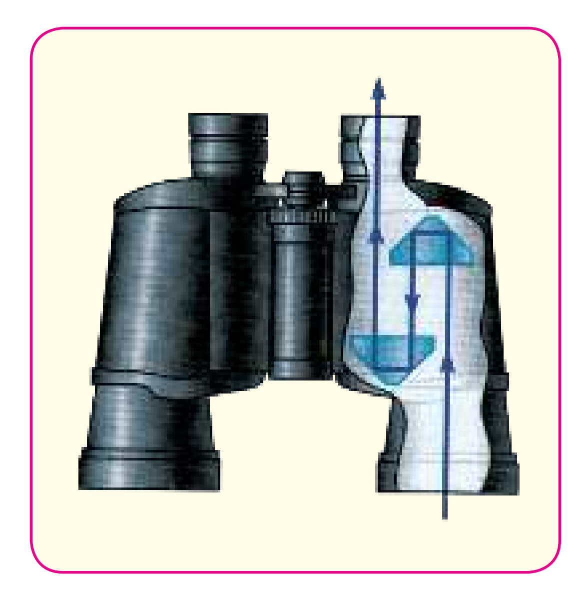
$$n = \frac{1}{\sin 41.1^\circ} = \frac{1}{0.657} = 1.52$$

هناك ظواهر طبيعية اخرى يمكن تفسيرها حسب ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي نذكر منها على سبيل المثال ظاهرة السراب والتي تعرفت عليها سابقاً. كما توجد تطبيقات كثيرة في الاجهزة البصرية لظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي نذكر منها الموشور العاكس ، وهو موشور زجاجي قائم ذو زوايا $(45^\circ - 90^\circ - 45^\circ)$. ومن استعمالاته هي في تغيير مسار الاشعة الضوئية بزاوية (90°) او زاوية (180°) لاحظ الشكل (6-16). كما يستعمل الموشور العاكس في عدد من التطبيقات البصرية نذكر منها استعماله في الناظور ذي الموشورين ، لاحظ الشكل (6-17). وجهاز البيريسكوب (periscope) والذي عادة يستعمل في الغواصات لرؤية الاجسام فوق سطح الماء. الشكل (6-18).

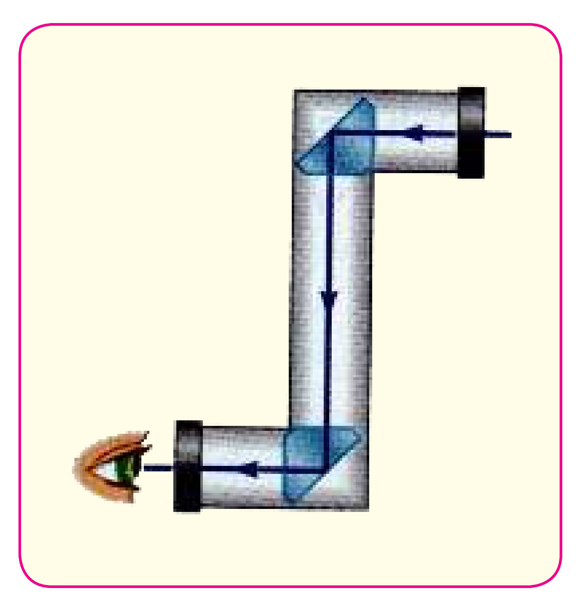
كما يفضل استعمال الموشور العاكس في الاجهزة البصرية على المرآة المستوية ، لأنه اكثر عكساً للضوء وذلك لان الضوء في الموشور العاكس ينعكس انعكاساً كلياً داخلياً بنسبة مقاربة جداً الى (100%). ولكن في المرآة يحدث امتصاص للضوء الساقط عليها بنسبة معينة تجعل انعكاسها أقل من الموشور العاكس. (المرآة النموذجية عادة تعكس نسبة حوالي 90%) . ولذلك فان الصورة تبدو حادة المعالم وواضحة التفاصيل واكثر سطوعاً في حالة استعمال الموشور العاكس. ومن التطبيقات المهمة الاخرى لظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي هي الالياف البصرية (أو الالياف الضوئية) ولأهمية هذا الموضوع فأننا سوف نوضحه في الفقرة التالية.



شكل (6-16)



شكل (6-17)



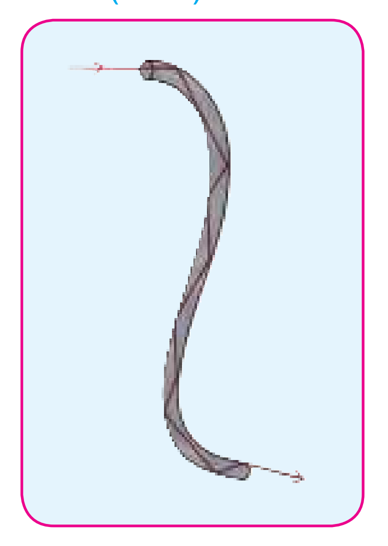
شكل (6-18)

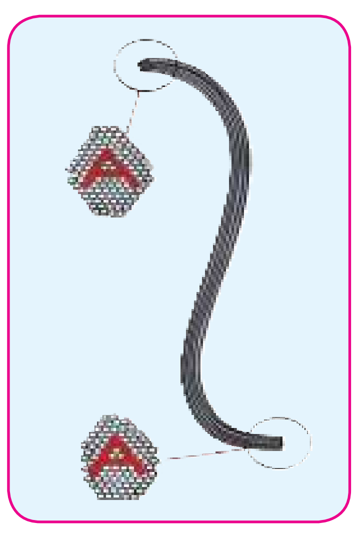
6-6 بصريات الألياف Fiberoptics

هل خطر ببالك عزيزي الطالب انه يمكن نقل الضوء داخل ليف دقيق من مكان الى آخر ؟ والحقيقة انه يمكننا ذلك حيث تسمى الالياف المستعملة لهذا الغرض بالالياف البصرية (او الالياف الضوئية) **فما هي الالياف البصرية واين يمكن ان تستعمل؟**

الالياف البصرية هي الياف زجاجية او بلاستيكية دقيقة تستعمل لنقل الضوء من مكان الى آخر حسب ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي. شكل *(6-19)* . حيث يكاد لايعاني الضوء خلالها اي فقدان في الطاقة سوى كمية قليلة جداً فحسب (فمثلاً الحزمة الضوئية تستطيع ان تقطع مسافة طويلة جداً . عده كيلومترات في بعض الحالات . قبل ان تضيع كمية محسوسة من الضوء). فاذا سقطت اشعة ضوئية على احدى نهايتي الليف البصري بحيث تكون زاوية سقوطه على غلافه الداخلي اكبر من الزاوية الحرجة لمادته فانه سينعكس انعكاساً كلياً داخلياً ويبقى الشعاع داخل الليف البصري ويخرج من طرفه الآخر حتى ولو كان الليف البصري منحنياً. لاحظ شكل *(6-20)*. وينقل جزء صغير من صورة الجسم الى الطرف الآخر من الليف البصري . شكل *(6-21)*. ويكون غلاف الليف البصري ذو معامل انكسار اقل قليلاً من قلب الليف البصري وهذا يمنع هروب الضوء من الليف البصري.


شكل (6-19)


شكل (6-20)


شكل (6-21)

7-6 تطبيقات الالياف البصريـــــــــة



1- تستعمل في الطب، في عمليات التنظير، اي النظر الى داخل الجزء المراد فحصه في جسم الانسان مثل تنظير المعدة والكليتين وذلك باستعمال جهاز يسمى ناظور الجوف (الاندوسكوب *Endoscope*) لاحظ شكل(6-22). وحديثاً تعددت استعمالات ناظور الجوف فأضافة الى استعماله للتشخيص فانه يمكن ربطه ببعض الاجهزة الاخرى بحيث تمكن الطبيب من أخذ عينه من نسيج المريض،أو كوي الاوعية الدموية او حتى أجراء عملية جراحيه. كما استعمل نوع آخر مشابه الى ناظور الجوف ولكن في تشخيص وعلاج بعض امراض المفاصل يسمى الارثروسكوب (*Arthroscope*) والذي يستعمل في جراحة الركبة لاحظ شكل(6-23).

2 - تستعمل في فحص الاجزاء الداخلية في المكائن والاجهزة الالكترونية وكذلك في فحص المفاعلات النووية.

3 - كما تستعمل ايضاً لنقل المعلومات الضوئية والسمعية عبر المحيطات والقارات وهي محملة على اشعة الليزر. وتمتاز الالياف البصرية بانها تستطيع ان تحمل عدد أكبر من المكالمات الهاتفية بالمقارنة مع الاسلاك الكهربائية، فمثلاً الطرائق الالكترونية الحديثة تسمح وعلى الاكثر حمل (32) مكالمة هاتفية في الوقت نفسه بوساطة زوج من الاسلاك النحاسية، بينما اكثر من مليون مكالمة هاتفية يمكن حملها بوساطة ليف بصري واحد، لاحظ شكل (6-24).



شكل (6-22)



شكل (6-23)



شكل (6-24)

اسئلة

س1 - اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي:

1 - اي من العبارات الآتية تعبر عن أحد قانوني الانعكاس:

a - زاوية السقوط تساوي ضعف زاوية الانعكاس.

b - زاوية السقوط تساوي نصف زاوية الانعكاس.

c - زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس.

d - زاوية السقوط تساوي الجذر التربيعي لزاوية الانعكاس

2 - سرعة الضوء في الزجاج هي:

a - اقل من سرعة الضوء في الفراغ.

b - اكبر من سرعة الضوء في الفراغ.

c - تساوي سرعة الضوء في الفراغ.

d - جميع الاحتمالات السابقة.

3 - النسبة بين جيب زاوية السقوط للشعاع الساقط في الوسط الشفاف الاول و جيب زاوية الانكسار في الوسط الشفاف الثاني هي نسبة ثابتة لهذين الوسطين تسمى:

a - طاقة الاشعاع الضوئي.

b - زخم الاشعاع الضوئي .

c - معامل الانكسار النسبي بين الوسطين الشفافين.

d - تردد الاشعاع الضوئي.

4 - وحدة معامل الانكسار المطلق لمادة شفافة هي:

a- m b - $\frac{1}{m}$

c - m^2 d - ليس له وحدات

س2 - اجب عن الاسئلة التالية:

1 - ما سبب تألق الماس ؟

2 - ايهما اكثر جودة في عكس الضوء، الموشور العاكس ام المرآة المستوية ولماذا ؟

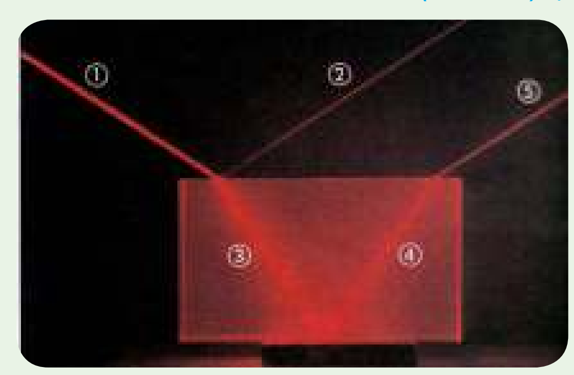
3 - ما قانونا الانعكاس ؟ وما قانونا الانكسار ؟

4 - اذكر الصيغة الرياضية لقانون سنيل موضحاً المعنى الفيزياوي لكل رمز ؟.

5 - ماذا نقصد بالزاوية الحرجة؟ وما علاقتها بمعامل الانكسار المطلق لمادة شفافة ؟

6- ما المقصود بالقول ان معامل الانكسار المطلق للماء هو (1.33) ؟

7- في حالة أن يكون الشعاع (1) هو الشعاع الساقط في الشكل المجاور فما هي الاشعة المنعكسة والاشعة المنكسرة من الاشعة الحمراء الاربعة الاخرى؟



مسائل

1 - اذا علمت ان معامل الانكسار المطلق للماس يساوي (2.42) وسرعة الضوء في الفراغ تساوي $(3 \times 10^8 m/s)$. جد سرعة الضوء في الماس ؟

ج: $v = (1.24 \times 10^8 m/s)$

2 - اذا علمت ان سرعة الضوء في أحد المواد الشفافة تساوي $(\frac{C}{1.52})$. حيث (C) هي سرعة الضوء في الفراغ. فما هو معامل انكساره المطلق؟

ج: $n = (1.52)$

3 - اذا كان معامل الانكسار المطلق للماء يساوي $(\frac{4}{3})$ ومعامل الانكسار المطلق لأحد انواع الزجاج يساوي $(\frac{3}{2})$. جد مقدار الزاوية الحرجة بين هذين الوسطين ؟
(مع العلم بان $\sin 62.75° = 0.889$) .

ج: $\theta_c = (62.75°)$

4 - سقط ضوء من الهواء على سطح الماء بزاوية سقوط قياسها $(30°)$ فانعكس جزء منه وأنكسر جزء آخر فاذا علمت ان معامل الانكسار المطلق للماء يساوي $(\frac{4}{3})$ ، جد :

a- زاوية الانعكاس ؟

b- زاوية الانكسار ؟

(مع العلم بأن $sin22.02° = 0.375$, $sin30° = 0.5$) .   ج : $\left\{ \begin{array}{l} a\text{-}\ \theta_1 = 30° \\ b\text{-}\ \theta_2 = 22.02° \end{array} \right\}$

5 - اذا كانت سرعة الضوء في الجليد تساوي $(\frac{C}{1.31})$ ، حيث (C) هي سرعة الضوء في الفراغ .

جد الزاوية الحرجة للضوء المنتقل من الجليد الى الهواء.؟

(مع العلم بأن $sin49.73° = 0.763$).   ج : $(\theta_c = 49.73°)$

6 - يسقط ضوء من الهواء على مادة شفافة معامل انكسارها المطلق يساوي (1.5) وبزاوية سقوط قياسها $(30°)$ ، جد:

a- زاوية الانكسار؟

b- طول موجة الضوء في المادة الشفافة اذا كانت طول موجته في الهواء تساوي $(600nm)$.

(مع العلم بأن $sin19.45° = 0.333$ ، $sin30° = 0.5$).

ج : $(\ a\text{-}\theta_2 = 19.45°\ ,\ b\text{-}\ \lambda_2 = 400\ nm\ )$

الفصل السابع

7

المـــرايـا Mirrors

مقدمة:

عرفت في دراستك السابقه أن الضوء ينعكس عن الأجسام المختلفة عندما يسقط عليها ،وأن انعكاسه يكون منتظما عندما يسقط على سطوح صقيلة ومنها المرايا فما هي أنواع المرايا؟وبماذا تتميز كل منها؟ تصنف المرايا حسب الشكل الهندسي لسطحها العاكس وتختلف الصور التي تكونها المرآة باختلاف نوع المرآة وسندرس في هذا الفصل المرايا المستوية والكروية .

1-7 المرآة المستوية plane Mirror

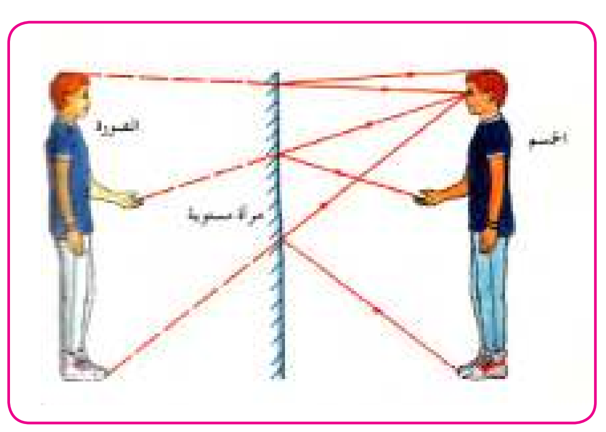
المرآة المستوية هي سطح مستو صقيل ينعكس عنه الضوء انعكاسا منتظما ، وإن صناعة المرآة الجيدة ليس بالأمر اليسير فسطح المرآة لابد وأن يكون على درجة عالية من النعومة وامتصاصه للضوء يكون قليلا جدا وهذا يتوفر في المعادن.

تصنع المرآة المستوية التي تستعمل في حياتنا اليومية من لوح زجاجي مصقول صقلا جيدا يطلى احد وجهيه بأحد مركبات الفضة او الالمنيوم ويعتبر هو السطح العاكس وتعتمد جودة المرآة على نوعية الزجاج أو المعدن المستعمل وعلى درجة صقله لاحظ الشكل(7-1)

شكل (7-1)

2-7 الصور المتكونة في المرايا المستوية Images Formed by a plane Mirrors

قف أمام المرآة المستوية ولاحظ صورتك فيها ؟ أين تقع؟ ما شكلها ؟ ماحجمها ؟ لاحظ حركة الصورة عندما تقترب من المرآة أو تبتعد عنها؟ كذلك حرك يدك اليمنى؟ لاحظ الشكل(7-2) لاشك انك سترى صورتك معتدلة وليست مقلوبة ومن دون إن يحدث لها تصغير أو تكبير.أي نفس حجمها وبعد الصورة عن المرآة مساويا لبعدك عنها كما لو كانت صورتك موجودة خلف المرآة



شكل (7-2)

وتكون الصورة خيالية (تقديرية) وليست حقيقية أي لايمكن استلامها على حاجز . تقترب إذا اقتربنا من المراة وتبتعد إذا ابتعدنا عن المراة وإذا حركت يدك اليمنى ترى أن اليد اليسرى للصورة هي التي تتحرك أي معكوسة الجوانب لاحظ الشكل(3-7)

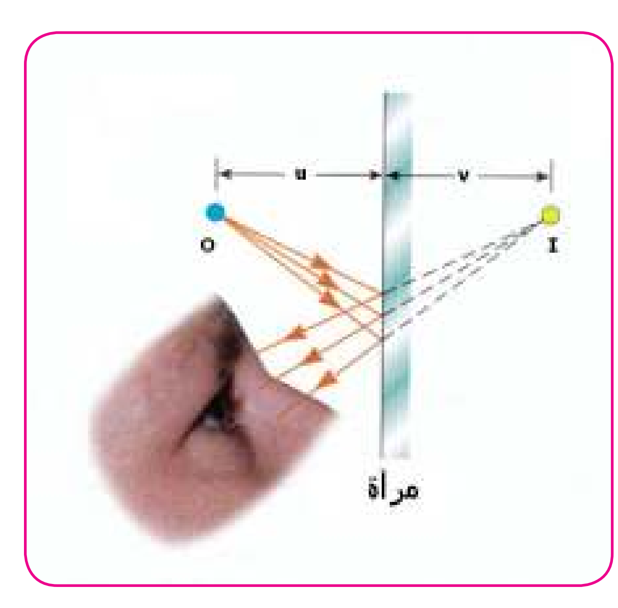
كذلك إذا وضعت كتابة مثلا أمام المرآة المستوية ستجد إن الكتابة في الصورةمعكوسة ولهذا السبب فأن كلمة إسعاف التي تكتب على مقدمة سيارات الإسعاف تكتب معكوسة بشكل (فاعسإ) ليراها سائق السيارة التي أمامها في مرآة سيارته معتدلة ويفسح له الطريق لاحظ الشكل(4-7)

.يمكن تحديد موقع الصورة في المرآة المستوية بأستعمال مخطط الاشعة ray diagram والقانون الذي يحدد كيفية تشكيل الصور في المرآة هو قانونا الانعكاس. لاحظ الشكل(5-7)يبين مصدرا نقطياً ضوئياً على شكل نقطة عند(o) وعلى بعد (u) أمام المرآة المستوية وتسقط الأشعة من المصدر بزاوية معينة مع العمود على المرآة وهي زاوية السقوط ثم ينعكس عن سطح المرآة بزاوية مساوية لزاوية السقوط تسمى زاوية الانعكاس .وتستمر الأشعة المنعكسة متفرقة ولكنها تبدو وكأنها منبعثة من النقطة I خلف المرآة وتسمى النقطة I صورة للمصدر عند النقطة (o)ويمكن تحديد مكان صورة المصدر النقطي من نقطة تلاقي امتدادات الاشعة المنعكسة عن سطح المراة عند النقطة (I)


شكل (7-3)



شكل (7-4)

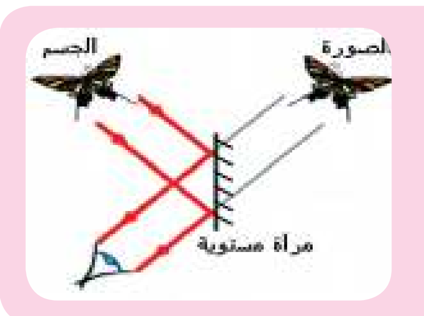


شكل (7-5)



فكر

ما صفات الصورة المتكونة للفراشة (لاحظ الشكل المجاور) عندما تكون امام المراة المستوية؟ وكم تبعد صورة راس الفراشة عنها اذا كان بعد راسها عن سطح المراة يساوي (50cm)



3-7 تعدد الصور في المرايا المتزاوية

تجد في صالونات الحلاقة لقص الشعر مرآتين مستويتين متقابلتين أحداهما أمامك والأخرى خلفك وعندما تجلس على كرسي الحلاق تشاهد صورا لا متناهية لجسمك حيث ترى صورا أمامية تتبعها صوراً خلفية وهكذا أي ترى الجزء الخلفي من رأسك . يا ترى هل هناك علاقة بين عدد الصور المتكونة في المرآتين والزاوية التي تصنعها أحداهما مع الأخرى؟ قد يساعدك هذا النشاط على الإجابة عن هذا السؤال:

نشاط 1: عدد الصور المتكونة لجسم في مرآتين بينهما زاوية.

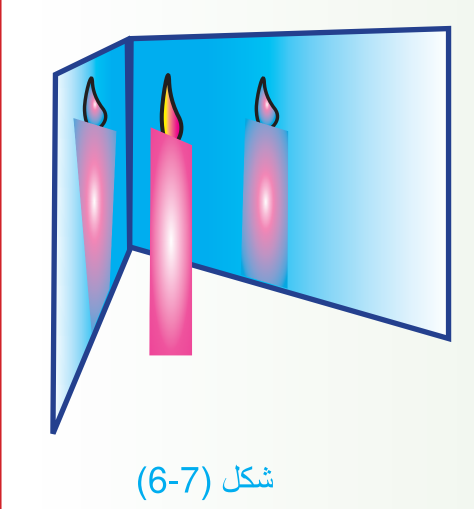


ادوات النشاط : مرآتين مستويتين,شمعة متقدة ، منقلة

الخطوات:

- ثبت المرآتين على سطح أفقي بحيث يكون سطحاهما العاكسين متزاويين لاحظ الشكل (6-7).
- ضع شمعة متقدة بينهما
- انظر إلى المرآتين كم صورة ترى للشمعة ؟
- نقيس الزاوية بين المرآتين لقياسات مختلفة .
  (90º . 60º . 30º)
- لاحظ عدد الصور المتكونة وسجل ملاحظاتك .

نستنتج من هذا النشاط ان عدد الصور المتكونة للشمعة المتقدة يتغير بتغيير قياس الزاوية بين المراتين حسب المعادلة الاتية:



شكل (6-7)

$$\text{عدد الصور المتكونة} = \left(\frac{360^\circ}{\text{الزاوية بين المرآتين}} \right) - 1$$

$$n = \left(\frac{360^\circ}{\theta} \right) - 1$$

حيث ان :

n يمثل عدد الصور

θ هي الزاوية بين المرآتين

مثال

وضع جسم بين مرآتين مستويتين الزاوية بينهما (24°). ما عدد الصور المتكونة للجسم ؟

الحل :

$$\text{عدد الصور المتكونة} = \left(\frac{360^\circ}{\text{الزاوية بين المرآتين}} \right) - 1$$

$$n = \left(\frac{360^\circ}{\theta} \right) - 1$$

$$n = \left(\frac{360^\circ}{24^\circ} \right) - 1$$

$n = 15 - 1$

عدد الصور $n = 14$



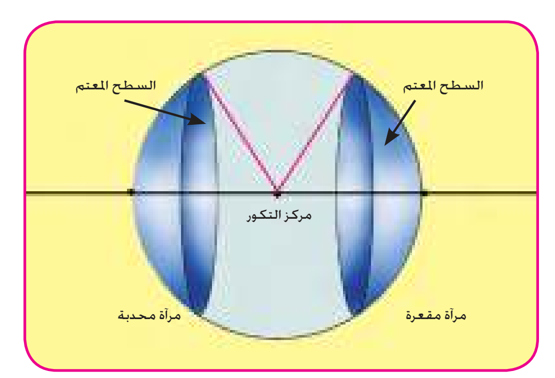
4-7 المرايا الكروية Spherical Mirrors

هل شاهدت صورة وجهك في ملعقة طعام ، من سطحها الداخلي أوالخارجي ماذا تلاحظ ؟ إن سطح الملعقة الداخلي والخارجي كلها تعمل عمل سطح عاكس غير مستو. لاحظ الشكل (7-7)



شكل (7-7)

المرايا الكروية وهي المرايا التي يكون فيها السطح العاكس جزءاً من سطح كرة مجوفة . فاذا كان السطح العاكس هو السطح الداخلي سميت مرآة مقعرة concave Mirror لاحظ الشكل (7-8) واذا كان السطح العاكس هو السطح الخارجي سميت مراة محدبة convex mirror



شكل (7-8)

وللتعرف على كيفية تكون الصور في هذين النوعين من المرايا الكروية يجب أن نتعرف إلى المفاهيم التالية المتعلقة بها لاحظ الشكلين (7-9) (7-10):

1-مركز تكور المرآة(C):هو مركز الكرة الذي اقتطع منها سطح المرآة

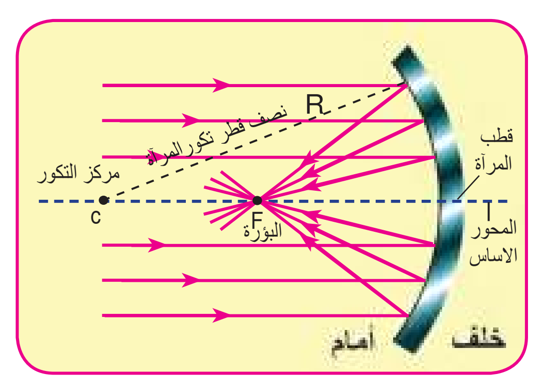
2-قطب المرآة (V): هو النقطة التي تتوسط سطح المرآة الكروية

3-المحور الاساس للمرآة: هو الخط الواصل بين مركز تكور المرآة وقطبها

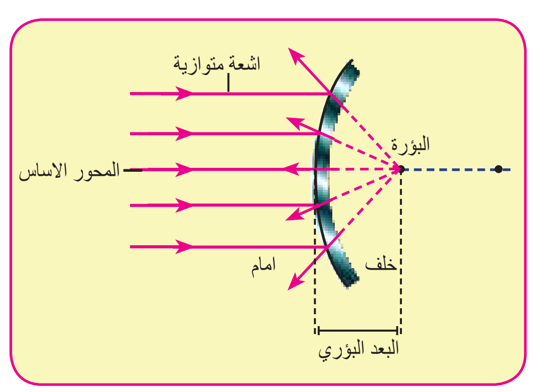
4- نصف قطر تكور المرآة (R) : وهو نصف قطر الكرة التي اقتطع منه سطح المرآة

5- بؤرة المراة (F): هي نقطة واقعة على المحور الاساس للمرآة والناتجة عن التقاء الاشعة المنعكسة عن سطح المراة (او امتداداتها) والساقطة اصلاً بصورة موازية للمحور الاساس لاحظ الشكل (7-10).

6-البعد البؤري (f): هو البعد بين قطب المرآة وبؤرتها، والبعد البؤري لتكور المرآة يساوي ($f=\frac{1}{2}R$) .



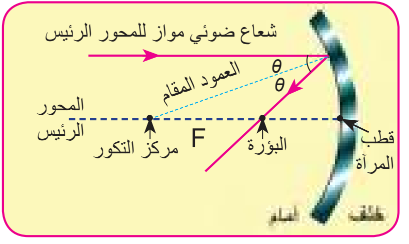
شكل (7-9)



شكل (7-10)

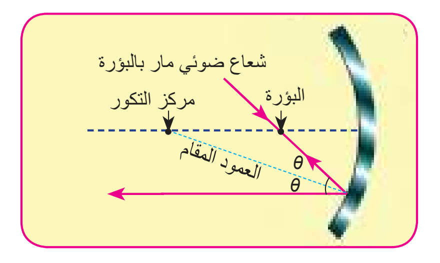
ولغرض تحديد رسم الصورة المتكونة من المراة الكروية نأخذ بنظر الاعتبار:

1-الشعاع الضوئي الموازي للمحور الأساسي للمرآة المقعرة ينعكس مارا ببؤرتها الحقيقية لاحظ الشكل (7-11) إما الشعاع الموازي للمحور الأساسي للمرآة المحدبة فينعكس بحيث امتداده يمر ببؤرتها التقديرية لاحظ الشكل (7-10).



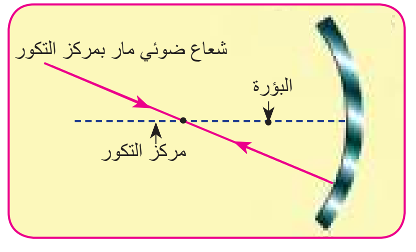
شكل (7-11)

2-الشعاع الضوئي (او امتداده) المار في بؤرة المرآة ينعكس موازيا لمحورها الاساسي لاحظ شكل (7-12) .



شكل (7-12)

3-الشعاع المار بمركز تكور المرآة المقعرة يرتد على نفسه بعد الانعكاس والشعاع الذي يتجه نحو مركز تكور المرآة المحدبة ينعكس على نفسه أيضا لاحظ شكل (7-13) .



شكل (7-13)

نشاط 2: تكون الصور في المرايا المقعرة

ادوا ت النشاط : مراة مقعرة ، حامل مراة ، شمعة ، قطعة كارتون بيضاء (شاشة)

الخطوات :

- ضع المراة على الحامل الخاص بها ثم اوقد الشمعة وضعها على بعد معين امام المرآة
- حرك الحاجز امام المرآة حتى تتكون صورة واضحة للهب خلف الشمعة. ما صفات الصورة الناتجة؟ هل هي اكبر من لهب الشمعة ام اصغر منها ؟ هل هي معتدلة ام مقلوبة ؟ هل بعدها عن المرآة اكبر من بعد الشمعة عنها ام اصغر؟
- كرر الخطوات السابقة مرات عدة وفي كل مرة غير بعد الشمعة عن المراة .


شكل (7-14)

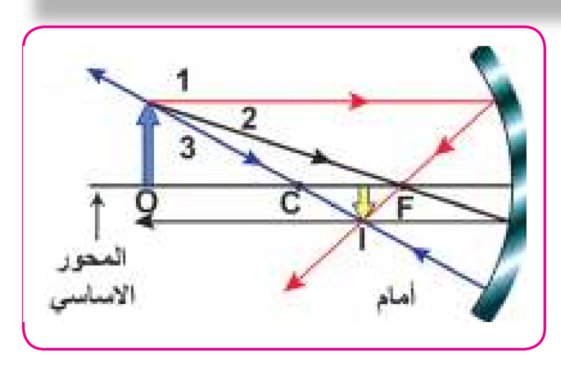
نستنتج من هذا النشاط انه يمكن تجميع الاشعة الصادرة من لهب الشمعة على الحاجز. كما لاحظنا ان الجسم والصورة يقعان في جهة واحدة بالنسبة للمرآة المقعرة مثل هذا النوع من الصور التي تنتج عن تجميع الاشعة المنعكسة على حاجز تسمى صورة حقيقية اما الصورة التي تنتج من امتدادات الاشعة المنعكسة تدعى الصورة الخيالية.

فكر

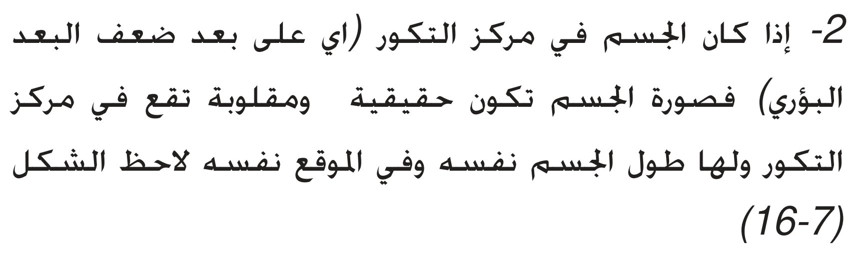
هل تختلف صفات الصورة المتكونة في المرآة المقعرة عن صفات الصورة المتكونة في المرآة المستوية ؟

5-7 خصائص الصور المتكونة في المرآة المقعرة:

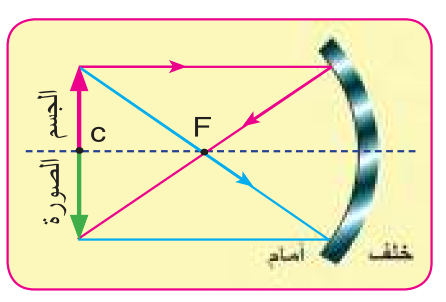
1- اذا كان بعد الجسم عن المراة يزيد عن ضعف بعدها البؤري ($2f$) فأن صورة الجسم تقع بين البؤرة ومركز التكور و تكون حقيقية ومقلوبة ومصغرة لاحظ الشكل (15-7)



شكل (15-7)

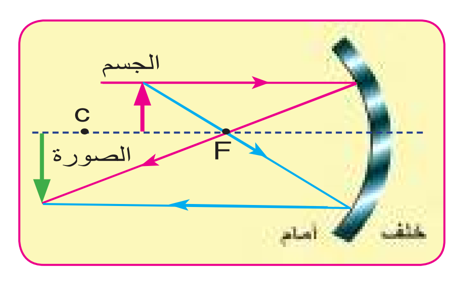


2- إذا كان الجسم في مركز التكور (اي على بعد ضعف البعد البؤري) فصورة الجسم تكون حقيقية ومقلوبة تقع في مركز التكور ولها طول الجسم نفسه وفي الموقع نفسه لاحظ الشكل (16-7)



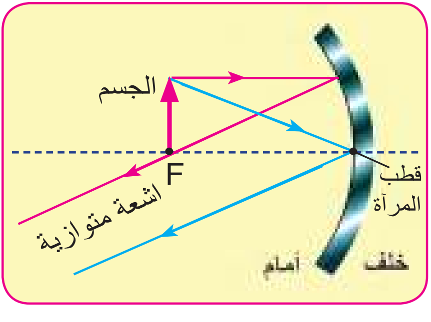
شكل (16-7)

3-إذا كان الجسم بين البؤرة ومركز التكور فأن الصورة المتكونة تقع خلف مركز التكور وتكون حقيقية ، مقلوبة ومكبرة لاحظ الشكل (17-7)



شكل (17-7)

4-إذا كان الجسم يقع على بعد يساوي البعد البؤري للمراة فأن الاشعة تنعكس متوازية لاحظ الشكل (18-7)

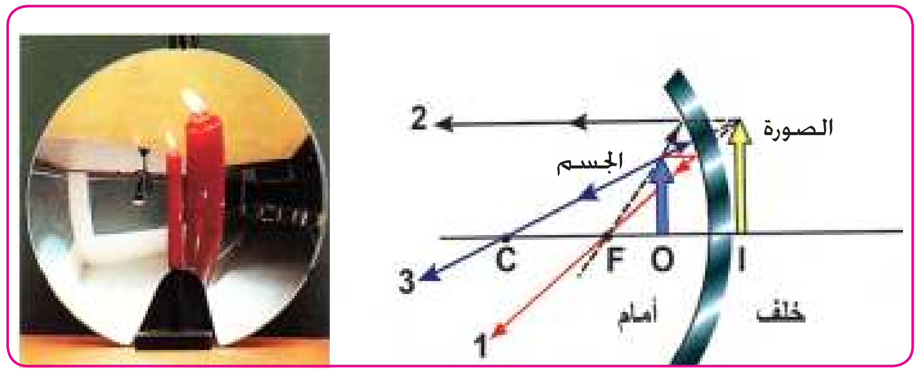


شكل (18-7)

فكر

ماهي صفات الصورة المتكونة في المرآة المقعرة لجسم يقع في اللانهاية.

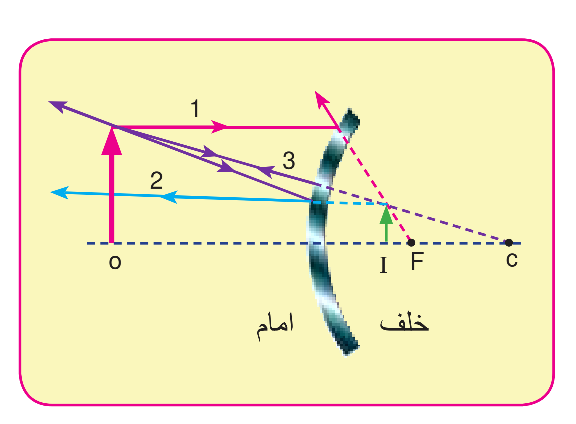
5- إذا كان الجسم يقع على بعد اقل من البعد البؤري للمرآة فأن صورة الجسم تكون خيالية ومعتدلة ومكبرة وتقع خلف المرآة. لاحظ الشكل (7-19)



شكل (7-19)

7-6 خصائص الصورة المتكونة في المرآة المحدبة:

إذا أسقطنا شعاعا ضوئيا من جسم مضئ بشكل مواز للمحور الاساس فأنه سينعكس بحيث أن امتداده سيمر بالبؤرة وإذا أسقطنا شعاعا آخر من رأس الجسم متجها نحو البؤرة فسينعكس موازيا للمحور الاساس لاحظ الشكل (7-20). أن المرآة المحدبة تفرق الأشعة الضوئية الساقطة عليها ولذلك يطلق عليها اسم المرآة المفرقة. هل يعني ذلك أن الصورة التي تكونها المرآة المحدبة تقديرية أم حقيقية؟ للإجابة على هذا السؤال نجري هذا النشاط.



شكل (7-20)

نشاط 3: الصورة المتكونة في المرآة المحدبة

ادوات النشاط : مرآة محدبة ، حامل المرآة، شمعة، حاجز

الخطوات:

- امسك المرآة بيدك وانظر الى سطحها العاكس ماذا ترى؟ ماصفات الصورة التي تراها ؟ هل هي معتدلة أم مقلوبة أم مكبرة ام مصغرة ؟
- قرب المرآة منك حينا وابعدها حينا آخر لاحظ الصورة ؟ لاحظ الشكل (7-21) سجل ملاحظاتك
- ضع المرآة على الحامل ثم أوقد الشمعة وضعها أمام المرآة ومقابل سطحها العاكس



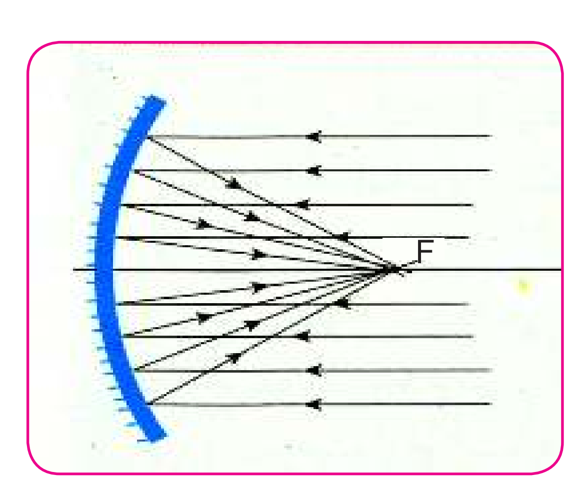
شكل (7-21)

- حاول أن تكون صورة للشمعة على الحاجز هل تنجح في ذلك؟
- انظر في المرآة ماذا تلاحظ؟هل صورة الشمعة التي تراها حقيقية أم خيالية (تقديرية)؟ وأين تقع ؟ وما صفاتها؟

لذلك نستطيع القول انه مهما كان بعد الجسم عن المرآة فان صفات الصورة هي خيالية . معتدلة مصغرة.

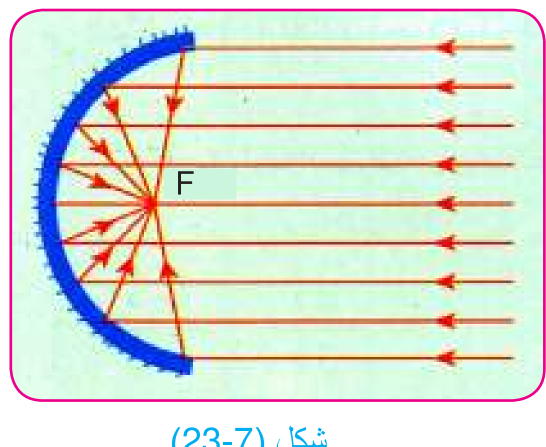
الزيغ الكروي:

للحصول على صورة واضحة غير مشوهة للجسم في المراة الكروية فأن كل حزمة ضوئية صادرة من نقاط الجسم يجب ان تنعكس عن سطح المراة متجمعة في نقطة واحدة مكونة صورة مناظرة للنقطة التي صدرت عنها، وهذا في الحقيقة لايمكن بسبب تكون صور عديدة للنقطة المضيئة وعلى ابعاد مختلفة من المراة ويسمى هذا **بالزيغ الكروي هو عدم تجمع الاشعة المنعكسة عن سطح مرآة كروية في نقطة واحدة** . فالاشعة الموازية للمحور الاساس والقريبة منه تمر هي او امتداداتها بعد انعكاسها في البؤرة . اما الاشعة المتوازية الساقطة على سطح المراة الكروية والبعيدة عن القطب فأنها او امتداداتها تمر بعد الانعكاس في أقرب نقطة الى قطب المرآة من بؤرتها لاحظ الشكل (22-7).



شكل (22-7)

للتخلص من الزيغ الكروي تصنع المراة المقعرة بشكل قطع مكافئ ذات بؤرة نقطية ويفضل استعمال مرايا كروية صغيرة الوجه لاحظ الشكل (23-7) كما في عاكسات الضوء وفي التلسكوبات الفلكية العاكسة.



شكل (23-7)

7-7 المعادلة العامة للمرايا الكروية
General Equation of spherical mirrors

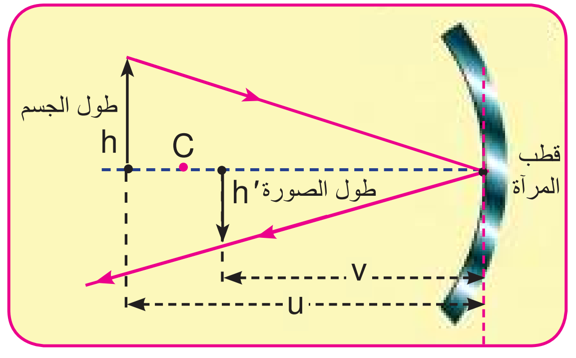
بعد ان عرفت كيفية رسم الصور المتكونة في المرايا الكروية (المحدبة والمقعرة)،لابد انك لاحظت أن موقع الصورة يتغير بتغير موقع الجسم .ومن هنا نستطيع أن نستنتج علاقة رياضية تربط بعد الجسم ببعد الصورة عن المراة وهذا يـُمكننا من استنتاج صفات صورته المتكونة .ان العلاقة الرياضية هذه تسمى

القانون العام للمرايا لاحظ الشكل (24-7) وهي كالتالي :



$$\frac{1}{\text{البعد البؤري للمرآة}} = \frac{1}{\text{بعد الجسم عن المرآة}} + \frac{1}{\text{بعد الصورة عن المرآة}}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$



شكل (24-7)

حيث أن :

f : البعد البؤري للمرآة

u : تمثل بعد الجسم عن قطب المرآة

v : تمثل بعد الصورة عن قطب المرآة

وعند تطبيق القانون العام للمرايا يجب مراعاة الاشارات في الحالات التالية:

1 - يكون بعد الجسم (u) موجبا اذا كان الجسم حقيقيا امام المرآة وسالبا اذا كان الجسم خيالياً (تقديرياً) خلف المرآة. (في نظام مكون من عدسة ومرآة كروية) .

2- يكون بعد الصورة (v) موجباً اذا كانت الصورة حقيقية وسالباً اذا كانت الصورة خيالية(تقديرية)

3 - يكون البعد البؤري (f) موجباً اذا كانت المراة مقعرة ، وسالباً اذا كانت المراة محدبة.

8-7 قانون التكبير في المرايا

تسمى النسبة بين طول الصورة المتكونة في المرايا الكروية الى طول الجسم **بالتكبير** *(magnification)* ويرمز له M كما انها تساوي نسبة بعد الصورة الى بعد الجسم عن المراة

$$\text{التكبير} = \frac{\text{طول الصورة } (h')}{\text{طول الجسم } (h)} = -\frac{\text{بعد الصورة عن المرآة } (v)}{\text{بعد الجسم عن المرآة } (u)}$$

$$M = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u}$$

حيث أن :

M : التكبير الطولي h : طول الجسم h': طول الصورة

عند تطبيق قانون التكبير يجب ملاحظة مايلي :

1- طول الصورة تكون اشارته موجبة بالصورة المعتدلة (نحو الاعلى) وتكون اشارته سالبة للصورة المقلوبة (نحو الاسفل).

2- طول الجسم تكون اشارته موجبة للجسم المعتدل (نحو الاعلى) وتكون اشارته سالبة للجسم المقلوب (نحو الاسفل).

3- تكون اشارة التكبير سالبة عندما تكون الصورة حقيقية مقلوبة بالنسبة للجسم.

4- تكون اشارة التكبير موجبة عندما تكون الصورة خيالية معتدلة بالنسبة للجسم.

كما أن مقدار التكبير يعكس لنا مدى تكبير الصورة او تصغيرها وكماياتي:

a- فأذا كان التكبير $M > 1$ فأن الصورة تكون مكبرة بالنسبة للجسم.

b- فأذا كان التكبير $M < 1$ فأن الصورة تكون مصغرةبالنسبة للجسم.

c- فأذا كان التكبير $M = 1$ فأن الصورة تكون مساوية للجسم.

d- يكون التكبير اشارته موجبة للصورة المعتدلة (نحو الاعلى) وتكون اشارته سالبة للصورة المقلوبة الحقيقية (نحو الاسفل).

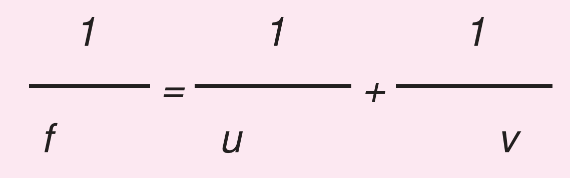
مثال 1

مراة مقعرة بعدها البؤري (20cm) جد موضع الصورة المتكونة وصفاتها ومقدار التكبير لجسم موضوع على بعد(30cm) امام المرآة .

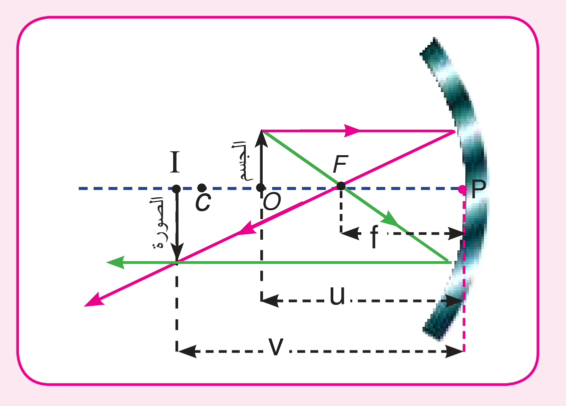
الحل :

$$\frac{1}{\text{البعد البؤري للمرآة}} = \frac{1}{\text{بعد الجسم عن المرآة}} + \frac{1}{\text{بعد الصورة عن المرآة}}$$

بما ان المرآة مقعرة فأن f تعوض باشارة موجبة



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$



$$\frac{1}{20} = \frac{1}{30} + \frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{3-2}{60} = \frac{1}{60} \Rightarrow v = 60cm$$

الصورة حقيقية مقلوبة وعلى بعد ابعد من مركز التكور.

$$M = -\frac{v}{u}$$

$$M = -\frac{60}{30} = -2$$

بما أن $M = 2$ فهذا يعني ان الصورة مكبرة مرتين .

مثال2

مراة مقعرة بعدها البؤري $(15cm)$ أين يجب أن يوضع جسم أمامها حتى تتكون له صورة :

1 - حقيقية مكبرة ثلاث مرات

2 - تقديرية مكبرة ثلاث مرات

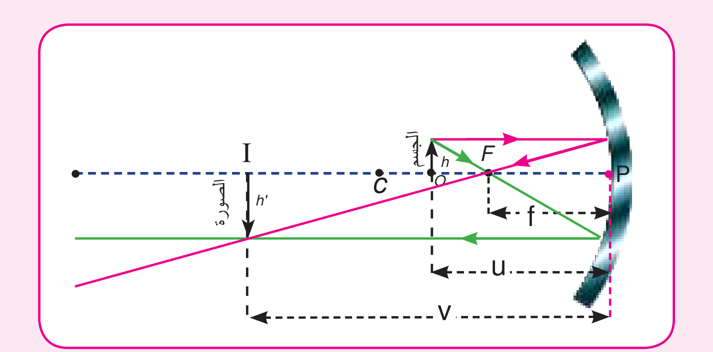
الحل :

$$M = -\frac{v}{u} = \frac{h'}{h}$$

1- بما أن الصورة مكبرة ثلاث مرات فان

$$-\frac{v}{u} = \frac{3}{1}$$

$$v = -3u$$



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{u} + \frac{1}{3u}$$

$$\frac{1}{15} = \frac{3+1}{3u}$$

$u = 20cm$ بعد الجسم عن المرآة

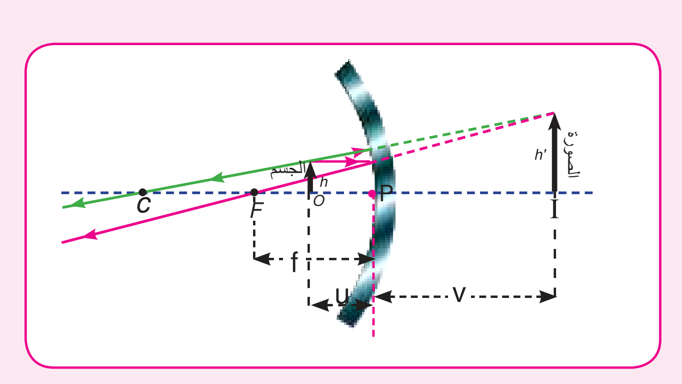
$v = 20 \times 3 = 60cm$ بعد الصورة عن المرآة

2- بما أن الصورة تقديرية فيكون طولها باشارة موجبة

$$-\frac{v}{u} = \frac{3}{1}$$

$v = -3u$

وبتطبيق القانون العام للمرايا :-



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{u} + \frac{1}{-3u}$$

$$\frac{1}{15} = \frac{+3 - 1}{3u}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{2}{u}$$

$u = 10cm$ بعد الجسم عن المرآة

$v = -3 \times 10 = -30cm$ الصورة تقديرية معتدلة ومكبرة

مثال3

مرآة محدبة نصف قطر تكورها $(8cm)$ وضع أمامها جسم على بعد $(6cm)$ من قطبها جد بعد الصورة المتكونة ؟ وكذلك قوة التكبير؟

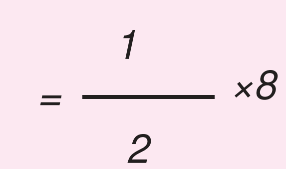
الحل:

البعد البؤري= $\frac{\text{نصف قطر تكور المرآة}}{2}$

$$f = \frac{1}{2} R$$

$$= \frac{1}{2} \times 8$$

$$= 4cm$$



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

بما أن المرآة محدبة فان البعد البؤري يكون سالباً

$$-\frac{1}{4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{v} = -\frac{1}{4} - \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-3 -2}{12}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-5}{12}$$

$$v = -\frac{12}{5}$$

$$v = -2.4cm$$

$$M = -\frac{v}{u}$$

$$M = -\frac{-2.4}{6}$$

التكبير $M = +0.4$

الاشارة الموجبة تعني ان الصورة خيالية (تقديرية)

9-7 تطبيقات على المرايا

للمرايا على اختلاف أنواعها (المستوية والكروية) فوائد عدة في حياتنا:

1 - تطبيقات المرايا المستوية :

لها استعمالات عديدة حيث توجد في جميع أجزاء المنزل لتزيين البيوت والصالات وكذلك للاستعمالات الشخصية في غرف النوم وفي الحمام وغيرها . لاحظ الشكل (25-7) المرآة في المنزل.



شكل (25-7)

2- تستعمل المرآتان المتزاويتان للحصول على صور متعددة و تستثمر هذه الظاهرة في الزخرفة والمحال التجارية لاحظ الشكل (7-26).



شكل (7-26)

3- وفي المرآة الأمامية لسائق السيارة الموجودة امام السائق لرؤية خلف السائق عند قيادة السيارة لاحظ شكل(7-27). مراة القيادة المستوية امام السائق وفي بعض الاحيان تسمى العين الثالثة للسائق.



شكل (7-27)

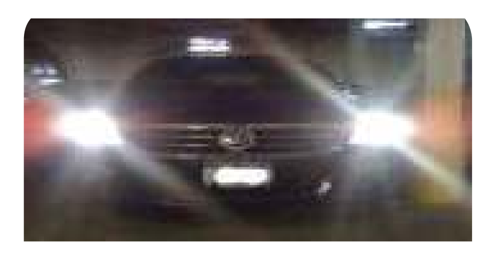
2-تطبيقات المراة المقعرة:

1- لتكبير الصور حيث يستعمل اطباء الأسنان المراة المقعرة التي تعطي صورة مكبرة لاسنان المريض لتساعدهم على رؤية الاسنان بصورة واضحة المعالم والتفاصيل. لاحظ الشكل (7-28)



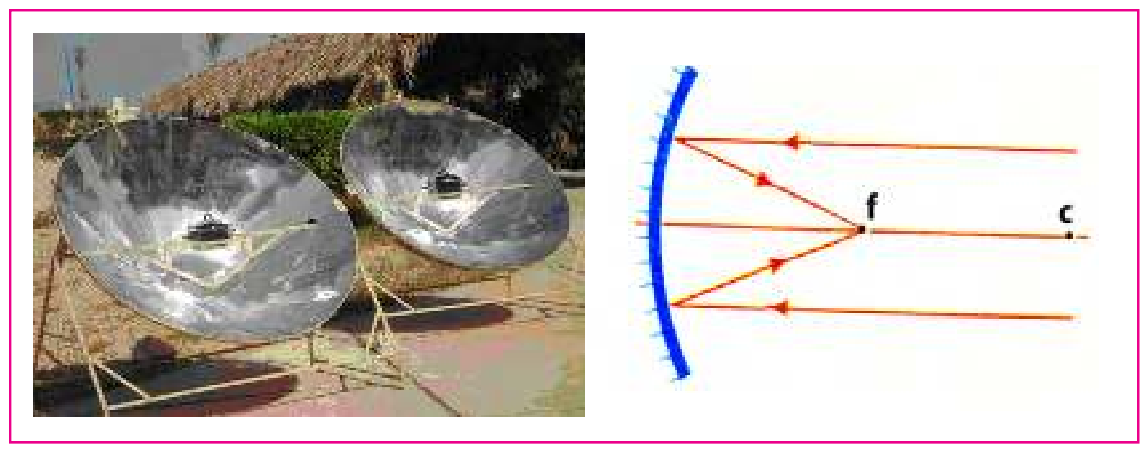
شكل (7-28)

2- تستعمل في مصابيح السيارة الامامية حيث يوضع مصدر الضوء في بؤرة القطع المكافىء وتسقط الأشعة الضوئيةعلى سطحها فتنعكس عنها متوازية فتضئ إلى مسافات بعيدة أمام السيارة لاحظ الشكل (7-29)



شكل (7-29)

3-تجميع الطاقة الشمسية واستعمال المراة المقعرة لتركيز أشعة الشمس في بؤرتها واستعمال الطاقة لإغراض التدفئة والطبخ وهذا يسمى الطباخ الشمسي لاحظ الشــــــكل (7-30)



شكل (7-30)

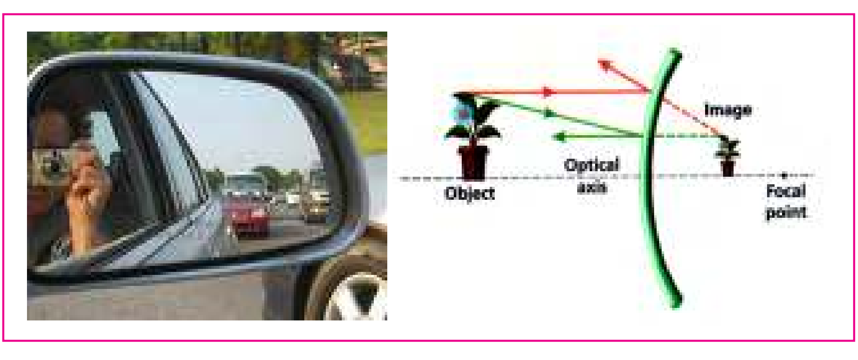
هل تعلم



ان الاطباق اللاقطة (الستلايت) التي نضعها على منازلنا تعمل عمل مرآة كبيرة تعكس موجات البث الفضائي وتركزه على وحدة الاستقبال والذي يسمى (LNB)

3- تطبيقات المراة المحدبة:

اما المراة المحدبة فهي تسمى مراة القيادة حيث توجد على جانبي السائق لتعطي صورا مصغرة ومعتدلة وتعطي مجال رؤيا اوسع واشمل على الجانبين لاحظ الشــــــكل (7-31)



شكل (7-31)

وتستعمل في السوق التجارية لمراقبة حركة المتسوقين في اثناء التسوق لاحظ الشــــــكل (7-32) .



شكل (7-32)

اسئلة

س1 : اختر العبارة الصحيحة لكل ما يلي :

1-الصورة الخيالية :

a - تكون معتدلة بالنسبة للجسم
b - تكون مقلوبة للجسم
c - يمكن اسقاطها على حاجز
d - تقع امام المرآة

2-المراة المقعرة تظهر صورة معتدلة للجسم عندما يكون بعده عنها :

a - اقل من البعد البؤري (f) لها
b - مساويا للبعد البؤري لها
c - ضعف البعد البؤري
d - بعيدة جدا عن المرآة

3-عدد الصور المتكونة في المرايا المستوية المتقابلة :

a - 30
b - 180
c - لانهائية
d - 0

4-المحور الاساس لمراة كروية هو المستقيم المار :

a - بمركز تكور المراة واية نقطة اخرى
b - بمركز تكور المراة وقطبها
c - ببؤرة المراة واي نقطة على سطحها
d - ماسا لسطح المراة

5: اذا نظرت في مرأة وكانت صورتك مكبرة تكون المراة :

a - مقعرة
b - محدبة
c - مستوية
d - جميع الاحتمالات السابقة

6: نصف قطر تكور المراة الكروية يساوي:

a - نصف البعد البؤري
b - ضعف البعد البؤري
c - ثلاثة اضعاف البعد البؤري
d - ثلث البعدالبؤري

7: صفات الصورة المتكونة في المرآة المحدبة هي:

a - حقيقية ومعتدلة ومصغرة
b - خيالية ومعتدلة ومصغرة
c - حقيقية ومكبرة ومقلوبة
d - خيالية ومقلوبة ومكبرة

8: مراة كروية بعدها البؤري 15cm فيكون نصف قطر تكورها يساوي:

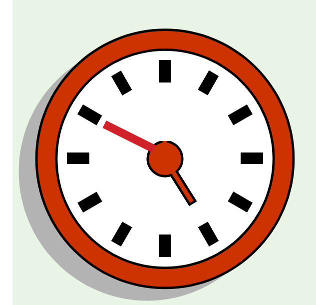
a - 15cm
b - 7.5cm
c - 60cm
d - 30cm

9: مسطرة طولها10cm وضعت بصورة عمودية امام مراة مقعرة بعدها البؤري (+50 cm)وعلى بعد 100cmمن قطب المرآة فيكون طول الصورة المتكونة :

a - 3cm معتدلة
b - 10cm معتدلة
c - 3cm مقلوبة
d - 10cm مقلوبة

س2 : يقترح احدهم ان نضع مراة مقعرة على جانبي السيارة بدلا من المراة المحدبة ؟ هل ترى اقتراحه صحيحا ؟ ولماذا ؟

س3 : وقف احمد امام مراة مستوية مرتديا قميصا رياضيا كتب عليه رقم 81 . ماذا تقرا صورة الرقم 81 ؟



س4: الشكل التالي يمثل صورة ساعة وضعت امام مرآة مستوية فما الوقت الذي تشير اليه الساعة ؟

س5 : لماذا لاتتكون صورة لجسم موضوع في بؤرة مراة مقعرة ؟

س6 : ماهي البؤرة الحقيقية وماهي البؤرة التقديرية ؟

س7 : ميز بين المراة المحدبة والمراة المقعرة من حيث السطح العاكس وصفات الصور المتكونة في كل منهما .

س8: بين بالرسم موقع صورة جسم يقع على بعد أكبر من نصف قطر تكور:

a - مراة مقعرة　　　　b - مراة محدبة

المسائل

س1- تكونت صورة معتدلة باستعمال مراة مقعرة نصف قطر تقعرها 36cm، فاذا كانت قوة التكبير = 3 ، احسب موضع الجسم بالنسبة للمرآة؟

ج : u= 12 cm

س2- مراتان مستويتان الزاوية بينهما °120 ، احسب عدد الصور المتكون في المرآتين ؟

ج : n= 2

س3- وضع جسم على بعد 4cm من مراة فتكونت له صورة تقديرية ومكبرة 3 مرات ، ما نوع المرآة وما بعدها البؤري ؟

ج : مرآة مقعرة f= +6 cm

س4- وضع جسم امام مراة مقعرة بعدها البؤري 12cm ، فتكونت له صورة حقيقية مكبرة اربع مرات، جد بعد الجسم عن المراة وكذلك بعد صورته عنها (اعتبر ان الجسم عمودي على المحور الرئيس للمرآة؟)

ج : u=15 cm
v= 60 cm

س5- وضع جسم طوله 4cm امام مراة محدبة نصف قطر تكورها 20cm ، فاذا كان بعد الجسم عن المراة 40cm. جد نوع الصورة المتكونة وطولها ووضح اجابتك بالرسم؟

ج : صورة تقديرية معتدلة ومصغرة طولها h = 0.8cm



الفصل الثامن
8
العدسات الرقيقة

1-8 العدسات الرقيقة Thin Lenses

علمت من دراستك السابقة ان العدسات هي أجسام شفافة ، محددة بسطحين كرويين أو سطح كروي وآخر مستوي وهي مصنوعة عادة من الزجاج (أو مواد لدنة شفافة) في تطبيقات الضوء المرئي ، وتصنع من الكوارتز *Quartz* لاستعمالات الأشعة فوق البنفسجية (*Ultraviolet UV*) والجرمانيوم لاستعمالات الاشعة تحت الحمراء البعيدة (*far infrared ray*)

في هذا الفصل تقتصر دراستنا على العدسات الرقيقة ، حيث يكون سمك مادة العدسة صغيراً مقارنة ببعدها البؤري.

والعدسات نوعان :

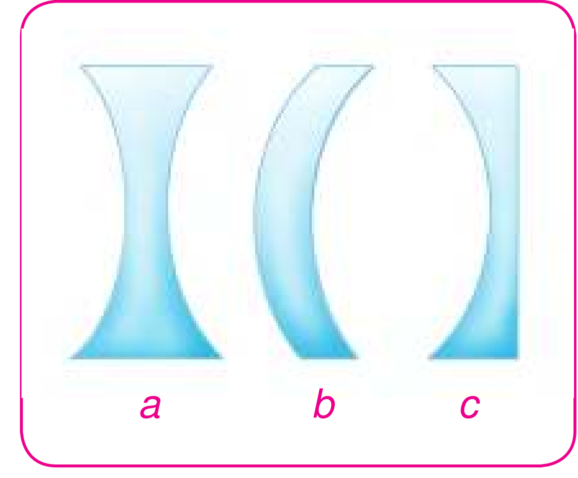
1-عدسة محدبة *Convex Lens* أو تسمى عدسة لامة *Converging Lens* ويكون وسطها اكثر سمكا من حافتها .و تعمل على تجميع الأشعة الساقطة عليها بعد نفوذها من العدسة عندما يكون معامل إنكسار مادة العدسة أكبر من معامل إنكسار الوسط المتواجدة فيه ، وتوجد على انواع عدة، كما في الشكل(8-1):-

a- محدبة الوجهين *Bi Convex*
b- مقعرة – محدبة *Convex-Concave*
c-مستوية - محدبة *Convex - Plano*

شكل (8-1)

2-عدسة مقعرة *concave Lens* (تسمى عدسة مفرقة *Diverging Lens*) ويكون وسطها اقل سمكا من حافتها. و تعمل على تفريق الأشعة الضوئية الساقطة عليها بعد نفوذها من العدسة،وتوجد على انواع عدة ، كما في الشكل(8-2):-

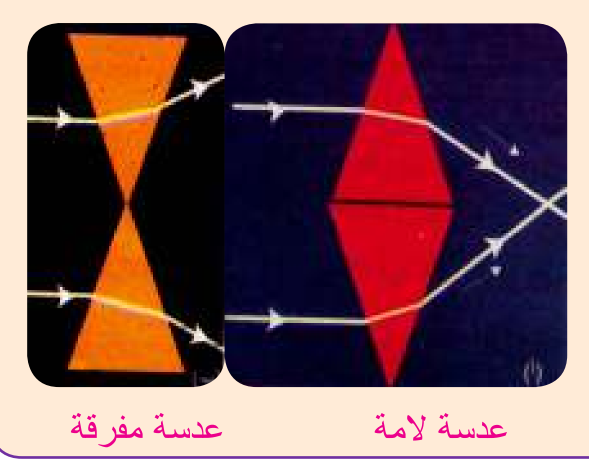
a- مقعرة الوجهين (*Double-concave*)
b- محدبة - مقعرة (*Convex – Concave*)
c- مستوية – مقعرة (*Plano - Concave*)



شكل (8-2)

تذكر

تعمل العدسة اللامة عمل موشورين بقاعدة واحدة مشتركة تقع عند المركز البصري، تعمل العدسة المفرقة عمل موشورين يلتقي رأسيهما عند المركز البصري.

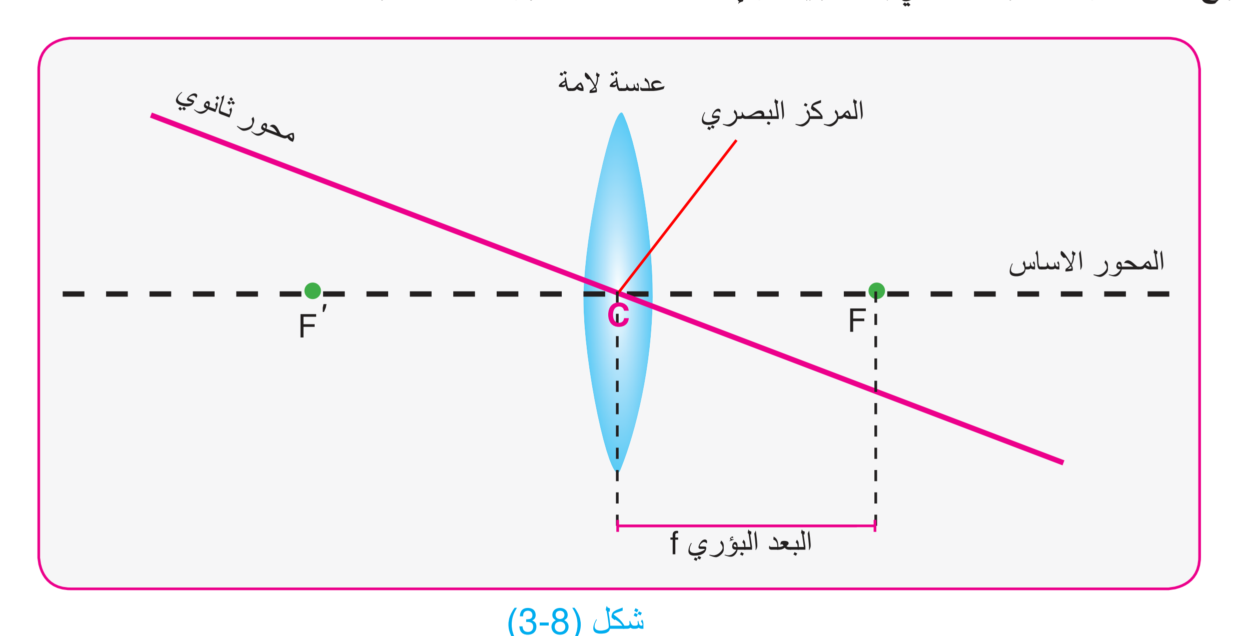


2-8 بعض المفاهيم الاساسيةفي العدسات

تعلمت في دراستك السابقة بعض المصطلحات العامة في العدسات. سنتطرق إليها ثانية لأهميتها في تحديد مواقع الصور المتكونة بالعدسات وفيما ياتي بعض منها .

1- المركز البصري: (Optical Center)

هي نقطة عند مركز العدسة إذا مر خلالها شعاعاً ضوئياً ينفذ على إستقامته من غير إنحراف والسبب هو ان جانبي العدسة عند المركز البصري متوازيان تقريباً لاحظ الشكل (3-8) . أي ان الشعاع النافذ ينزاح قليلاً عن مساره الأصلي بمقدار يمكن إهماله بسبب كون العدسة رقيقة.



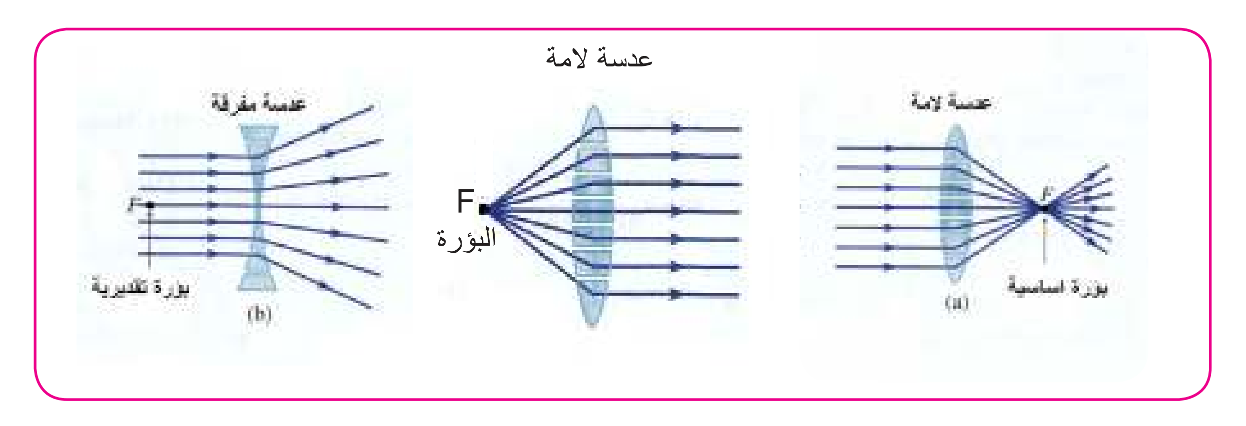
شكل (3-8)

2- المحور الأساس Principle Axies

هو المستقيم المار في المركز البصري للعدسة وبؤرتيها لاحظ الشكل (3-8)

3- البؤرة :(F) Focus

هي نقطة تقع على المحور الاساس للعدسة . تتصف بأن اي شعاع صادر منها او متجه نحوها يسير بعد الانكسار موازياً للمحور الاساس . لاحظ الشكل (4-8)



شكل (4-8)

4-البعد البؤري للعدسة : (f) Focal Length

البعد بين موقع البؤرة والمركز البصري للعدسةلاحظ الشكل (3-8) .

5- المحور الثانوي :Secondary Axis

المستقيم المار في المركز البصري للعدسة يسمى المحور الثانوي لاحظ الشكل (5-8) .

شكل (5-8)

عند معرفة البعد البؤري لعدسة رقيقة . يمكن رسم مخططاً بسيطاً لجسم موضوع على مسافة محددة من العدسة(أكبر او اصغر او مساوياً الى بعدها البؤري) . نستنتج منه جميع المعلومات المطلوبة عن الصورة من حيث انها (معتدلة او مقلوبة . مكبرة او مصغرة. حقيقية او خيالية) يمكن تمثيل الجسم (المضيء) المراد تحديد صورته بسهم عمودي على المحور الاساس للعدسة رأسه يمثل رأس الجسم تنبعث من اية نقطة من نقاطه (رأس السهم مثلا) عددا لا حصر له من الاشعة الضوئية الى جميع الاتجاهات وان عددا منها يمر خلال العدسة ، ولتحديد صورة جسمٍ ما، يمكن الاستفادة من ثلاث مسارات للأشعة الضوئية الصادرة من الجسم، أثنان منها كافية لإيجاد موقع الصورة والثالث للتاكد من موقع الصورة وهي :

1- الشعاع [1] المنبعث من رأس السهم (الجسم) موازيا للمحور الاساس للعدسة بعد انكساره خلال

العدسة ينفذ منها مارا بالبؤرة F' (في الجهة الثانية من العدسة) لاحظ الشكل (8-6)

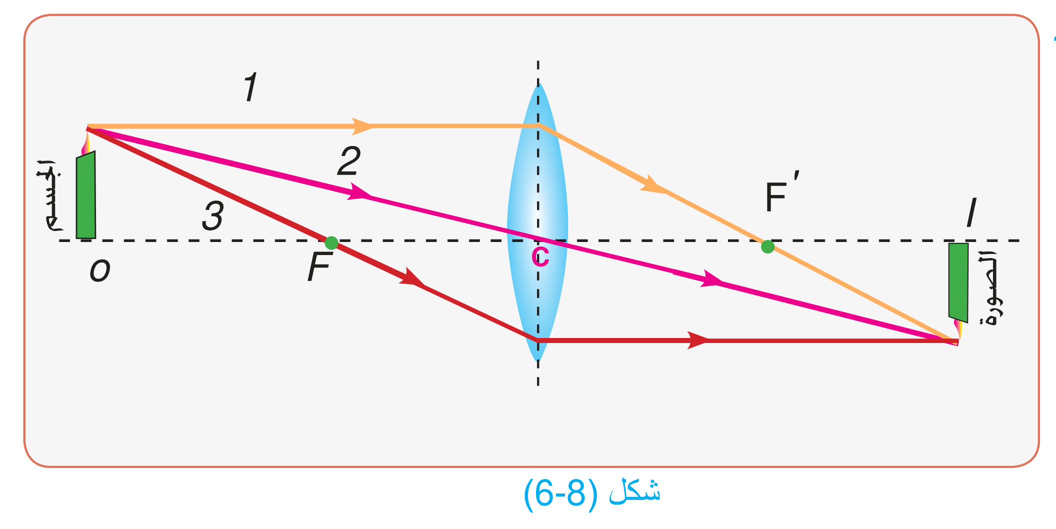
2- الشعاع [3] المار خلال بؤرة العدسة F ينفذ من العدسة موازيا لمحورها الاساس .

3- الشعاع [2] الموجه نحو المركز البصري للعدسة ينفذ على استقامته دون انحراف.

حيث ان :

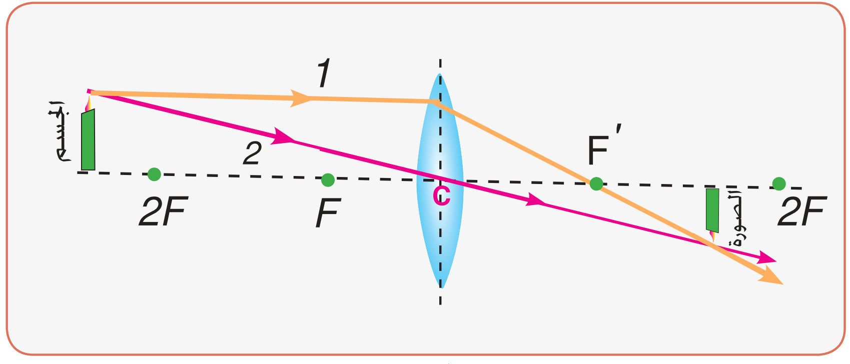
F البؤرة الابتدائية.

F' البؤرة الثانوية.



شكل (8-6)

لرسم صورة جسم يقع على بعد اكبر من ضعف بعدها البؤري نرسم شعاعين صادرين (1) و (2) من راس الجسم كما في الشكل (8-7) فالشعاع الضوئي (1) موازيا للمحور الاساس للعدسة ينفذ منها منكسرا مارا بالبؤرة F' والشعاع الاخر (2) مارا في مركز العدسة البصري فأنه ينفذ على استقامته .



شكل (8-7)

ان نقطة التقاء الشعاعين (1)و(2) النافذين من العدسة تمثل صورة رأس الجسم . ومن الممكن بسهولة تحديد صفاتها :

1- مقلوبة :

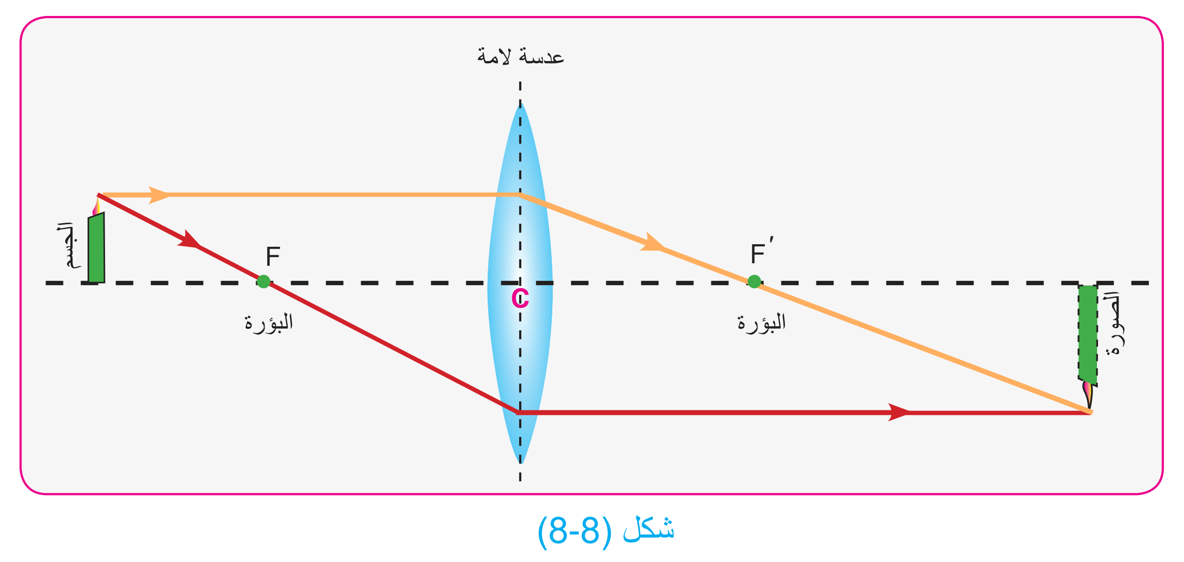
2- مصغرة :

3- حقيقية: (real) لأنها تكونت من تلاقي الاشعة نفسها في الجهة الاخرى للعدسة ويمكن استلامها على حاجز.

4- واقعة بين البؤرة و ضعف البعد البؤري للعدسة .

3-8 الصور المتكونة لجسم خلال عدسة لامة

a - عندما يكون الجسم واقعا بين بؤرة العدسة و ضعف بعدها البؤري لاحظ الشكل(8-8)



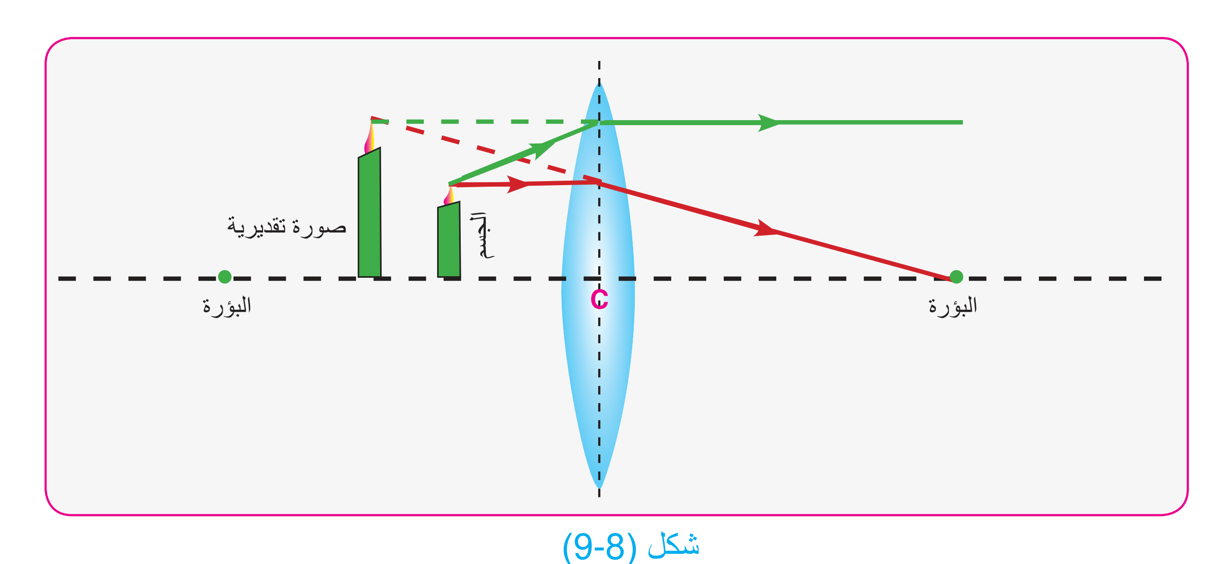
شكل (8-8)

1- صفات الصورة المتكونه

1- حقيقية (*Real*). 2- مقلوبة(*Inverted*) . 3- تقع على الجهة الاخرى من العدسة .

4- مكبرة.

b- عندما يكون الجسم واقعا بين البؤرة *F* والمركز البصري للعدسة اللامة لاحظ الشكل(8-9) .



شكل (8-9)

صفات الصورة المتكونة:

1- تقديرية (*Virtual*).

2- معتدلة (*Upright* او *Erect*) .

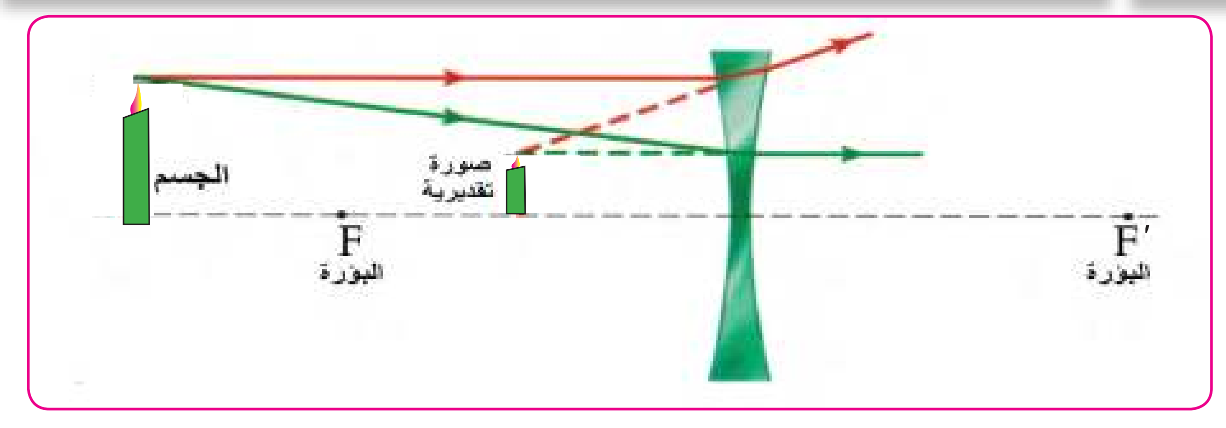
3-اكبر من الجسم وعلى الجهة نفسها من الجسم وخلفه.



فكر

ماهي صفات الصورة المتكونة من خلال عدسة لامة لجسم يقع على بعد:
1- في اللانهاية.
2- ابعد من بعدها البؤري.
3- بين البؤرة وضعف بعدها البؤري.
4- في البؤرة.

4-8 الصور المتكونة لجسم خلال عدسة مفرقة



شكل (8-10)

أن صفات الصورة المتكونة في حالة العدسة المفرقة (المقعرة) لاحظ الشكل (8-10) و مهما كان موقع الجسم لهذا النوع من العدسات هي :-

1- تقديرية .
2- معتدلة.
3- أصغر من الجسم.
4- على الجهة نفسها من الجسم وأمامه.

نشاط 3: تعيين البعد البؤري لعدسة لامة بصورة تقريبية وسريعة

أدوات النشاط : عدسة لامة ، حاجز

1- خارج المختبر:

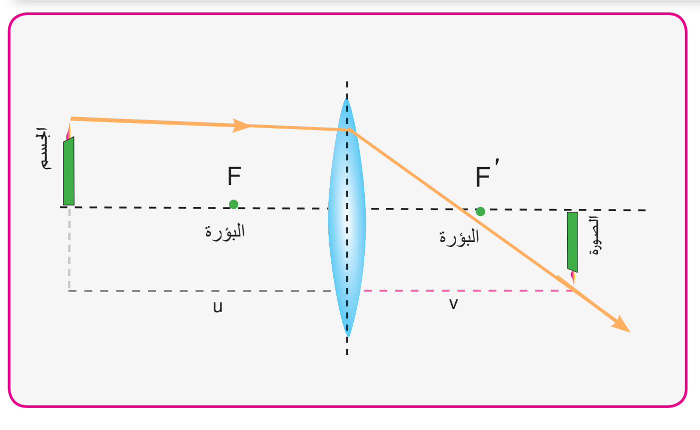
وذلك بتوجيه العدسة إلى قرص الشمس وإستلام صورته على حاجز (جدار أو ورقة)، مع تغيير موقع العدسة حتى نحصل على اوضح صورة على الحاجز لنقطة شديدة الاضاءة وهي تمثل موقع البؤرة للعدسة بإعتبار ان الأشعة القادمة من الشمس موازية لمحورها الأساسي ، فالمسافة بين العدسة والبؤرة ، تمثل البعد البؤري للعدسة بصورة تقريبية.

2- داخل المختبر :

وذلك بتوجيه العدسة اللامة نحو جسم بعيد كشجرة أو عمود كهرباء من خلال شباك المختبر وإستلام صورته على حاجز أو ورقة . غيِّر من بُعد العدسة عن الحاجز حتى تحصل على أوضح صورة للجسم البعيد. فالمسافة بين العدسة والحاجز تمثل البعد البؤري التقريبي للعدسة . على إعتبار ان الشجرة ، أو عمود الكهرباء جسم بعيد . فالأشعة القادمة منه تكون موازية لمحور العدسة الأساسي فتتجمع بعد نفاذها خلال العدسة في بؤرة العدسة.

5-8 قانون العدسات والتكبير

عند وضع جسم أمام عدسة لامة بصورة عمودية على محورها الأساسي وعلى بعد (u) من مركزها البصري ستظهر صورة حقيقية مصغرة مقلوبة واقعة على بعد (v) من مركزها البصري وفي الجهة الاخرى من العدسة.لاحظ الشكل $(11\text{-}8)$ و العلاقة التي تربط بين بعد الجسم (u) عن العدسة وبعد الصورة (v) عن العدسة والبعد البؤري للعدسة (f)



شكل (8-11)

$$\frac{1}{\text{البعد البؤري}(f)} = \frac{1}{\text{بعد الجسم عن العدسة}\ (u)} + \frac{1}{\text{بعد الصورة عن العدسة}(v)}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

ومن الجدير بالذكر ان هذا القانون هو القانون العام للمرايا والعدسات .

اما قانون التكبير (M) في العدسات فيعطى بالعلاقة الاتية :

$$\text{التكبير} = \frac{\text{طول الصورة}\ (h')}{\text{طول الجسم}\ (h)} = - \frac{\text{بعد الصورة عن العدسة}\ (v)}{\text{بعد الجسم عن العدسة}\ (u)}$$

$$M = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u}$$

ويطبق القانون العام للعدسات سواء كانت العدسة محدبة او مقعرة مع مراعاة اشارة كل كمية عندما ينتقل الضوء الساقط على العدسة من اليسار الى اليمين وكما يلي:

1. يكون بعد الجسم (u) موجباً اذا كان الجسم حقيقياً واقعاً على يسار العدسة وباشارة سالبة اذا كان الجسم واقعاً على يمينها.
2. يكون بعد الصورة (v) موجباً اذا كانت الصورة حقيقية واقعة على يمين العدسة وباشارة سالبة اذا كانت الصورة خيالية واقعة على يسارها .
3. يكون البعد البؤري (f) موجباً للعدسة اللامة (العدسة محدبة) وباشارة سالبة للعدسة المفرقة (العدسة مقعرة).
4. طول الجسم يكون باشارة موجبة للجسم المعتدل (نحو الاعلى) وباشارة سالبة للجسم المقلوب (نحو الاسفل).
5. طول الصورة يكون باشارة موجبة للصورة المعتدلة (نحو الاعلى) وباشارة سالبة للصورة المقلوبة (نحو الاسفل).

اما بالنسبة لاشارة التكبير (M) فعندما تكون :

1. موجبة : تكون الصورة تقديرية (خيالية) معتدلة بالنسبة للجسم.
2. سالبة : تكون الصورة حقيقية مقلوبة بالنسبة للجسم.

وتدلنا قيمة التكبير على ما ياتي:

a- اذا كان $M > 1$ ، فان الصورة تكون مكبرة بالنسبة للجسم

b- اذا كان $M < 1$ ، فان الصورة تكون مصغرة بالنسبة للجسم

c- اذا كان $M = 1$ ، فان الصورة تكون مساوية للجسم

ان النسبة بين مساحتي الصورة والجسم تساوي النسبة بين مربع بعديهما عن المركز البصري للعدسة

اي ان :

$$\frac{\text{مساحة الصورة}}{\text{مساحة الجسم}} = \frac{\text{مربع بعد الصورة عن العدسة}}{\text{مربع بعد الجسم عن العدسة}}$$

$$\frac{A'}{A} = \frac{v^2}{u^2}$$

فكر

ما معنى التكبير : $M = 1$ و $M = 2$ و $M = -0.5$

مثال1

عدسة لامة بعدها البؤري $10cm$ كونت صوراً لأجسام تبعد عن العدسة بالابعاد:

$u=30cm$

$u=10cm$

$u=\ 5cm$

من احدى جهتي العدسة ، جد بعد الصورة وصفاتها في كل حالة وكذلك التكبير.

الحل: بتطبيق معادلة العدسات الرقيقة

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v}$$

a- عندما يكون الجسم على بعد $30cm$ من العدسة

$$\frac{1}{10}=\frac{1}{30}+\frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{v}=\frac{1}{10}-\frac{1}{30}=\frac{3-1}{30}=\frac{2}{30}=\frac{1}{15}$$

بعد الصورة عن العدسة $\Rightarrow \quad v=+15cm$

الإشارة الموجبة لبعد الصورة تعني ان الصورة واقعة في الجهة الثانية على يمين العدسة و تكون حقيقية

$$M=-\frac{v}{u}=-\frac{15}{30}=-0.5$$

الإشارة السالبة للتكبير تعني ان الصورة مقلوبة. وتكون مصغرة لان التكبير اقل من واحد

b- عندما يكون بعد الجسم u بقدر البعد البؤري للعدسة$(10cm)$. يعني ان الجسم واقع في بؤرة العدسة فالصورة تقع في اللانهاية $infinity$.

c-عندما يكون الجسم على بعد 5cm . وبتطبيق معادلة العدسات الرقيقة

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{5} + \frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{10} - \frac{1}{5} = \frac{1-2}{10} = -\frac{1}{10}$$

$v = -10\ cm$ الإشارة السالبة لبعد الصورة تعني ان الصورة تقديرية

$$M = -\frac{v}{u} = -\frac{-10}{5} = +2$$

ان الإشارة الموجبة للتكبير تعني ان الصورة معتدلة ورقم (2) يعني ان الصورة مكبرة .

مثال2

وضع جسم على بعد 12cm أمام عدسة مفرقة بعدها البؤري 6cm . ما صفات الصورة المتكونة؟

الحل: البعد البؤري للعدسة المفرقة $f = -6cm$ وبتطبيق قانون العدسات الرقيقة

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

بما ان العدسة مفرقة فأن f يكون باشارة سالبة

$$\frac{1}{-6} = \frac{1}{12} + \frac{1}{v} \Rightarrow \frac{1}{v} = -\frac{1}{6} - \frac{1}{12} = -\frac{1}{4}$$

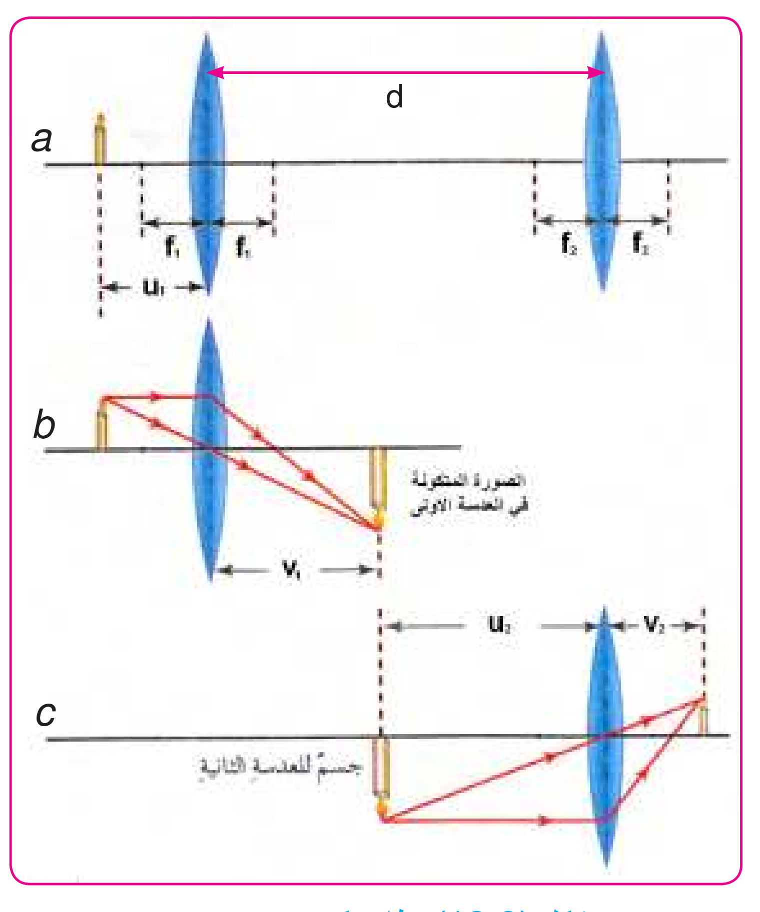
$v = -4\ cm$ الإشارة السالبة لـ V تعني ان الصورة تقديرية (واقعة بجهة الجسم) وامامه

$$M = -\frac{v}{u} = -\frac{-4}{12} = \frac{1}{3}$$

التكبير الموجب يعني ان الصورة معتدلة تقديرية. وطولها يساوي 1/3 طول الجسم

نظام مكون من مجموعة عدسات رقيقة Combination of thin lenses

ان الكثير من الاجهزة البصرية تحتوي على عدستين رقيقتين او اكثر. يبين الشكل (a-12-8) نظاما مكون من عدستين محدبتين. وضع جسم امام العدسة الاولى وعلى بعد u_1 . فاين تتكون الصورة النهائية بعد انكسار الضوء في العدستين؟ ابتداءاً نتعامل مع العدسة الاولى كانها مفردة والعدسة الثانية كانها غير موجودة ، وبعد تحديد موقع الصورة التي كونتها العدسة الاولى الشكل (b-12-8) نعتبرهُ جسما للعدسة الثانية ثم نجد موقع الصورة النهائية انظر الشكل (c-12-8).ومن ملاحظتنا للشكل (12-8) يمكن معاملة المنظومة بالعلاقة الاتية:



شكل (12-8) نظام مكون من عدستين

التكبير الكلي(M)= تكبير العدسة الاولى (M_1) × تكبير العدسة الثانية (M_2)

$$M_{Total} = M_1 \times M_2$$

لقد وجد ان البعد البؤري للنظام f في هذه الحالة يرتبط مع البعدين البؤريين لعدستيه f_2 ، f_1 بالعلاقة الاتية:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$$

حيث d تمثل البعد بين المركز البصري للعدستين

اما الحالة الخاصة التي تكون فيها العدستين متلامستين (متلاصقتين) مع بعضهما $(d=zero)$ فالعلاقة التي تربط البعد البؤري للنظام المتكون من عدستين متلامستين مع البعدين البؤريين لعدستيه f_1 ، f_2 تعطى بالعلاقة الاتية:-

$$\frac{1}{\text{البعد البؤري للمجموعة}\ (f)} = \frac{1}{\text{البعد البؤري للعدسة الاولى}\ (f_1)} + \frac{1}{\text{البعد البؤري للعدسة الثانية}\ (f_2)}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

6-8 قدرة العدسة lens power

يستعمل فاحصو البصر (optometrists) واطباء العيون (ophthamologists) وحدة الدايوبتر (Diopter) لقياس قدرة عدسة العين . وهي مقلوب البعد البؤري للعدسة ، مقاساً بالامتار

$$\text{قدرة العدسة} = \frac{1}{\text{البعد البؤري للعدسة}\ (f)\ \text{بالمتر}}$$

$$\text{lens power}\ (p) = \frac{1}{f\ (\text{meter})}$$

فالعدسة اللامة ذات البعد البؤري 20 cm فان قدرة العدسة لهذه الحالة تحسب كالاتي :

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.2} = +5\ D$$

بينما العدسة المفرقة ذات البعد البؤري 25cm فأن قدرة العدسة لهذه الحالة تحسب كالاتي:

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0.25} = -4\ D$$

وبتطبيق المعادلة العامة للعدسات ومعرفة نصفي قطري العدسة R_1 و R_2 ومعامل انكسار مادتها (n) يمكننا ايجاد قدرة العدسة من خلال المعادلة التي يستعملها صانعو العدسات :

$$\text{قدرة العدسة}\ (p) = \{\text{معامل الانكسار} - 1\}\ \left\{\frac{1}{\text{نصف قطر العدسة الاولى}} - \frac{1}{\text{نصف قطر العدسة الثانية}}\right\}$$

$$P = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

مثال 3

نظام مكون من عدستين محدبتين البعد البؤري للاولى $10cm$ والثانية $5cm$ والبعد بينهما $40cm$. وضع جسم على بعد $15cm$ يسار العدسة الاولى جد موقع الصورة النهائية المتكونة وتكبيرها .

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{v_1} \Rightarrow v_1 = 30cm$$

$$M_1 = -v_1 / u_1$$

تكبير العدسة الاولى = بعد الصورة عن العدسة الاولى / بعد الجسم عن العدسة الاولى

$$M_1 = -30 / 15 = -2$$

بما ان الصورة المتكونة في العدسة الاولى حقيقية وتكونت امام (يسار) العدسة الثانية لذلك يعد جسماً حقيقيا للعدسة الثانية ويقع على بعد u_2

$$u_2 = 40 - 30 = 10cm$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{10} + \frac{1}{v_2} \Rightarrow v_2 = 10cm$$

$$M_2 = -v_2 / u_2$$

$$M_2 = -10 / 10 = -1$$

اذاً التكبير النهائي M= تكبيرالعدسة الاولى × تكبيرالعدسة الثانية

$$M = M_1 \times M_2 \Rightarrow M = -2 \times -1 = +2$$

الاشارة الموجبة تعني ان الصورة معتدلة

7-8 الزيغ الكروي spherical aberration

من العيوب الشائعة في العدسات هو ان الحزمة الضوئية الساقطة على احد وجهي العدسة بصورة موازية لمحورها الاساسي لا تتجمع في نقطة واحدة .

فالاشعة الساقطة بصورة موازية للمحور الاساس وبعيدة عنه تنكسر متجمعة في نقطة اقرب الى العدسة (البؤرة) من مثيلتها الاشعة القريبة من محورها الاساس لاحظ الشكل (8-13) فالاشعة المارة خلال النقاط القريبة من مركز العدسة تكون صورها ابعد عن العدسة (I_2) من صور الاشعة المارة خلال النقاط القريبة من حافة العدسة (I_1) وبذلك تكون الصور المتكونة

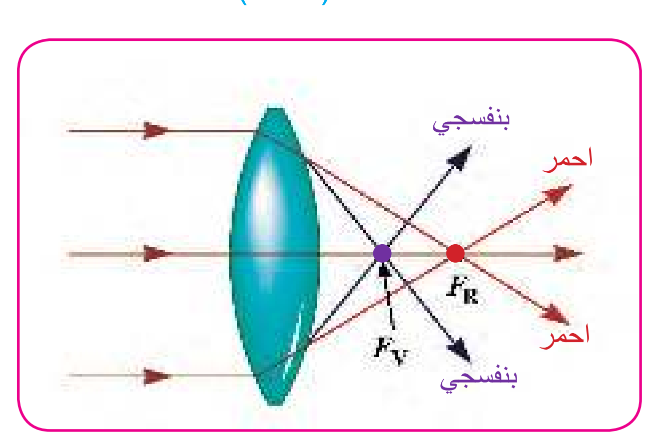
شكل (8-13)

في مثل هذه العدسات غير محددة المعالم والتفاصيل. وهذا العيب في العدسات يسمى الزيغ الكروي والذي يعرف على انه احد عيوب العدسات الناتج من عدم تجمع الاشعة الضوئية الساقطة بصورة موازية للمحور الاساس والمنكسرة عن العدسة في بؤرة واحدة .ويمكن تقليل الزيغ الكروي باستعمال حاجز يوضع امام حافة العدسة لمنع الاشعة البعيدة عن المحور الاساس من النفوذ خلال العدسة ، كما يمكن استعمال عدسة محدبة- مستوية للغرض نفسه لذلك استعملت العدسات المحدبة – المستوية كعدسة شيئية في التلسكوب وفي النظارات الطبية .

8-8 الزيغ اللوني : chromatic aberration

لقد تعلمت من دراستك السابقة ان الضوء الابيض الساقط على وجه موشور زجاجي يتحلل الى مجموعة من الالوان بسبب اختلاف معامل انكسار مادة الموشور مع الاطوال الموجية المختلفة لمكونات الضوء الابيض، حيث سينفذ اللون البنفسجي معانيا الانحراف الاكبر نحو قاعدة الموشور لقصر طوله الموجي . بينما يكون اللون الاحمر اقل انحرافاً لكبر طوله الموجي. اما بقية الالوان فتقع اطوالها الموجية بين هذين اللونين من الضوء المرئي لاحظ الشكل (8-14). وبما ان العدسة اللامة يمكن اعتبارها مكونة من عدد من المواشير قواعدها متجهة نحو مركز العدسة فالاشعة الضوئية المارة خلال عدسة لامة تنكسر خلال العدسة بزوايا مختلفة تبعاً للاطوال الموجية، وعند نفوذها خلال العدسة تلاحظ ان اللون البنفسجي يلاقي المحور الاساس للعدسة في نقطة اقرب الى العدسة من بقية الالوان لاحظ الشكل (8-15) . اما اللون الاحمر فانه يلاقي المحور الاساس في نقطة ابعد عن العدسة من بقية الالوان يطلق على هذا الاختلاف في مواقع الالوان على المحور الاساس بالزيغ اللوني.

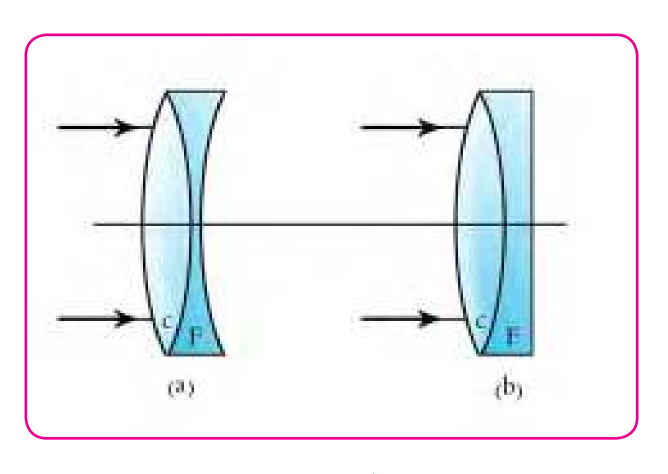
شكل (8-14)



شكل (8-15)

يمكن ازالة الزيغ اللوني، بتركيب عدسة لا لونية *(achromatic lens)* لامة مصنوعة من زجاج الكراون *(crown glass)* بعدها البؤري f_1 (ذات قدرة موجبة اكبر) وتلصق على عدسة مفرقة مقعرة الوجهين

او مقعرة - مستوية بعدها البؤري f_2 ومصنوعة من زجـــاج الفلنت *flint glass* ذات قدرة سالبة اصغر) والشكل الكلي للعدسة المركبة هو عدسة محدبة - مقعرة او محدبة - مستوية لاحظ الشكل *(16-8)* والتفريق (التشتيت) *dispersion* الناتج من احدهما يلغي الاخر عند النفاذ خارج العدسة وتتجمع الالوان في نقطة واحدة تقريباً ولحساب البعد البؤري لهذه العدسة المركبة f نطبق العلاقة الاتية:



شكل (16-8)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

9-8 تطبيقات على العدسات

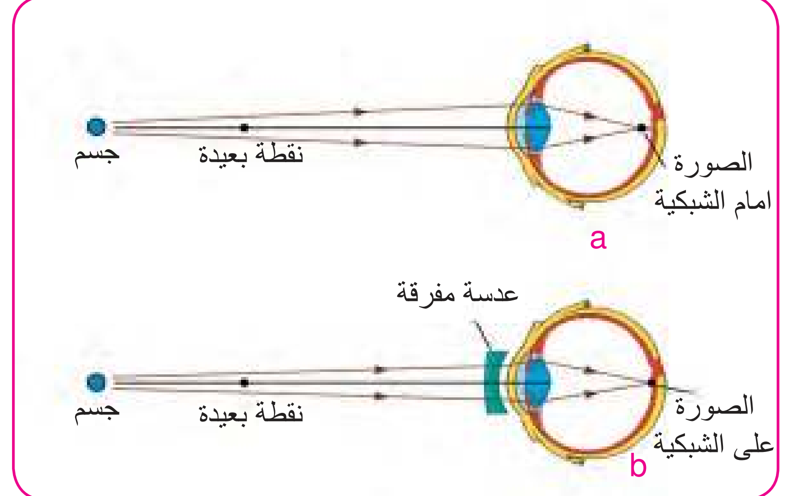
1- لمعالجة عيوب البصر

عزيزي الطالب تعلمت في دراستك السابقة بان العين جهاز بصري مهم لاستقبال الضوء الصادر من الاجسام المضاءة المحيطة بنا وبذلك يمكننا رؤية هذه الاجسام. فالعين السليمة ترى الاجسام المضيئة والمضاءة بصورة واضحة اذا كانت على مسافة ابعد من ضعف البعد البؤري لعدسة العين ونتيجة لذلك تتكون على الشبكية صورة حقيقية مقلوبة واصغر من الجسم. واذا ما عجزت العين عن رؤية الاجسام القريبة او البعيدة فانها مصابة باحد عيوب البصر (الرؤيا) *defects of vision* والتي امكن معالجتها باستعمال النظارات الطبية .

a- قصر البصر

myopia (nearsightedness)

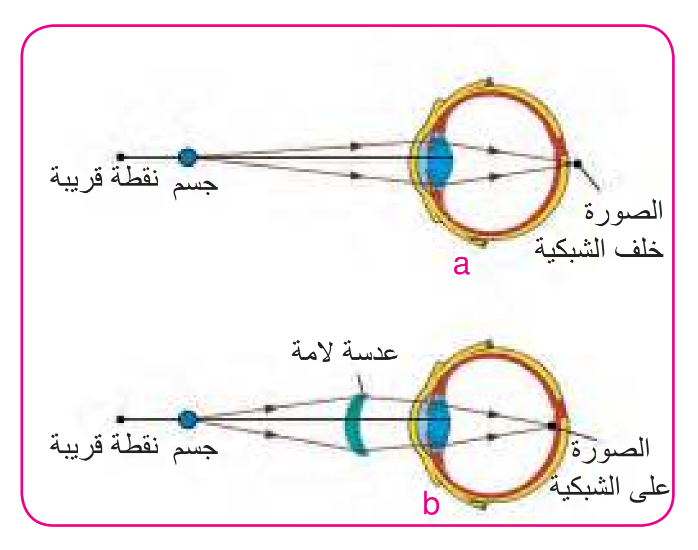
عدم استطاعة العين رؤية الاجسام البعيدة بوضوح (تتكون صورها امام الشبكية) وتعالج باستعمال العدسات المفرقة لاحظ الشكل(*17-8*).



شكل (17-8)

b- طول البصر hyperopia (far sightedness)

عدم استطاعة العين رؤية الاجسام القريبة بوضوح (تتكون صورها خلف الشبكية) وتعالج باستعمال العدسات اللامة لاحظ الشكل (8-18).

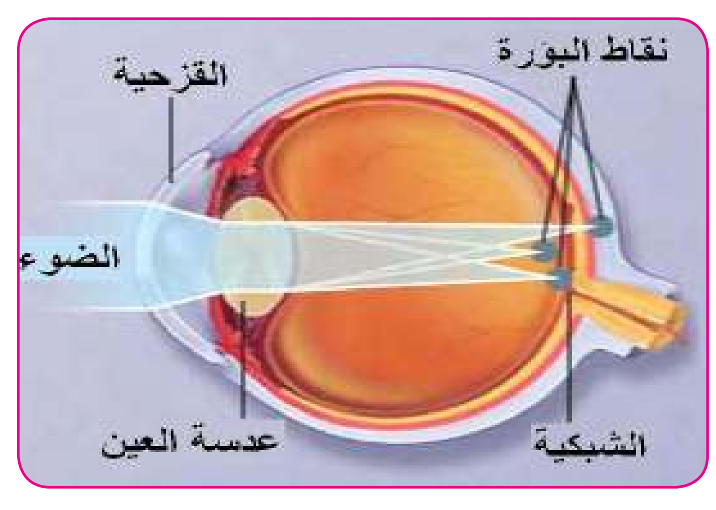


شكل (8-18)

c- الاستكماتزم: Astigmatism

الصور المتكونة للاجسام النقطية في العين المصابة بهذا العيب لاتكون نقطاً كما في حالة العين السليمة بل خطوطاً على الشبكية لاحظ الشكل(8-19). و سبب هذا العيب هو عدم انتظام تحدب قرنية العين أو عدسة العين او كليهما باتجاهات مختلفة.

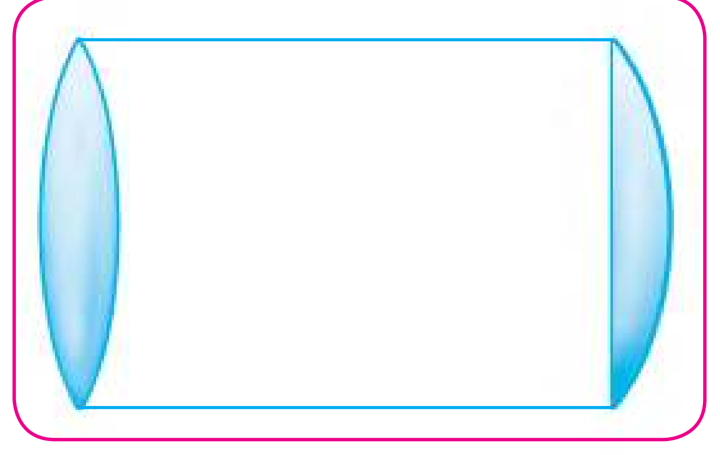
فربما يكون التحدب اكبر بالمقطع الافقي كما هو عليه في المقطع الشاقولي، فمجموعة الخطوط الافقية والشاقولية لاتتجمع في البؤرة بالتزامن.



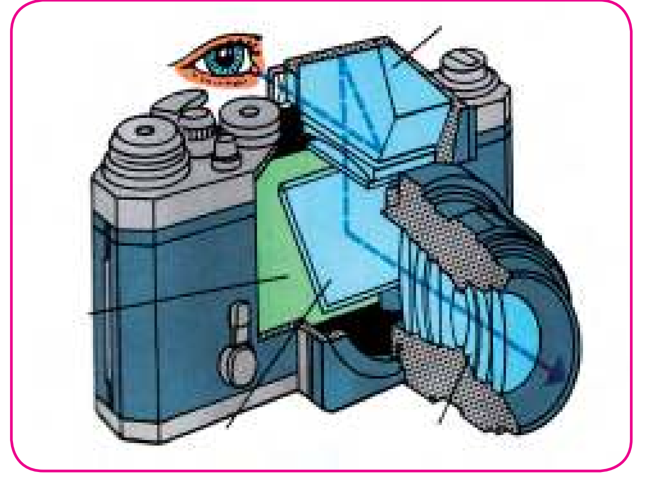
شكل (8-19)

يمكن الكشف عن هذا العيب من خلال النظر الى مجموعة من الخطوط السوداء فالعين السليمة ترى الخطوط جميعها بالوضوح نفسه (متساوية السواد)، بينما العين المصابة بالاستكماتزم سترى تغيراً في وضوح هذه الخطوط.

ويصحح هذا العيب باستعمال عدسات اسطوانية (Cylindrical Lenses) وهي مقطع من اسطوانة يكون وجهها الاخر مسطح لاحظ الشكل(8-20).


شكل (8-20)

2. في اجهزة التصوير (الالات التصوير)



شكل (21-8)

الة التصوير camera عبارة عن صندوق صغير في مقدمته عدسة لامة او مجموعة عدسات تعمل عمل عدسة لامة وفي جدارها الخلفي من الداخل يوضع الفلم الحساس للضوء (الذي يماثل شبكية العين)لاحظ الشكل(21-8) . ولألة التصوير فتحة امام العدسة (diaphragm) يمكن التحكم بسعتها والسماح لكميات مختلفة من الضوء بالدخول الى الالة كما يمكن التحكم ببعد العدسة عن الفلم لتكوين صورة حقيقية مقلوبة واضحة على الفلم ما دام الجسم على مسافة اكبر من ضعف البعد البؤري لعدسة الالة والصورة دائما مصغرة . وللحصول على صورة مكبرة للحشرات الصغيرة مثلاً نقوم بتقريب عدسة لامة بحيث يكون موقع الحشرة بين بؤرة العدسة وضعف بعدها البؤري.

3. الالات البصرية optical instruments

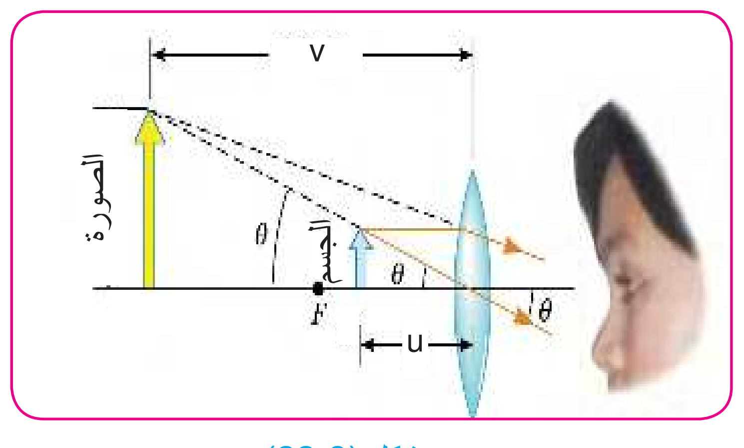
وهي على نوعين:

A- الالات البصرية المكبرة للاجسام:

تستعمل لتكوين صورة مكبرة للجسم ومنها.

1-المجهر البسيط (العدسة المكبرة) simple magnifier

عدسة لامة قصيرة البعد البؤري تستعمل لتكوين صورة تقديرية معتدلة مكبرة للاجسام الصغيرة ويتم ذلك بوضعها ضمن البعد البؤري للعدسةلاحظ الشكل (22-8).

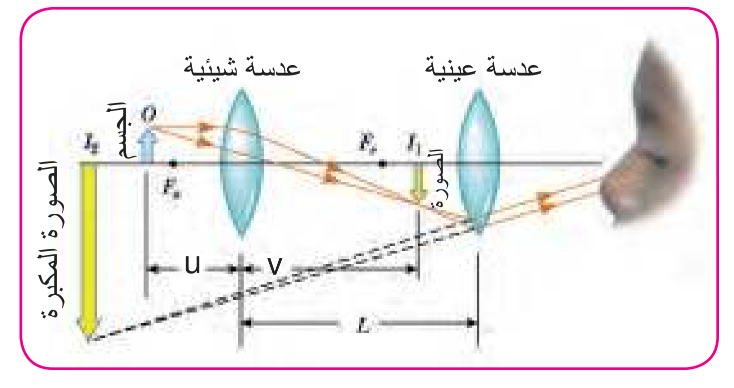


شكل (22-8)

2-المجهر المركب compound microscope

يستعمل المجهر المركب لرؤية الاجسام الدقيقة التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة كالجراثيم والبكتيريا او شرائح صغيرة من انسجة الاوراق والسيقان النباتية والانسجة. يتكون من عدستين، عدسة شيئية objective lens ذات بعد بؤري قصير . يوضع الجسم الصغير المراد فحصه (تكبيره) على مسافة اكبر قليلا من بعدها البؤري للحصول على صورة حقيقية ، مكبرة، مقلوبة، ومن عدسة اخرى يتم النظر من خلالها يطلق عليها بالعدسة العينية eyepiece ذات بعد بؤري مناسب اطول من البعد البؤري للشيئية بحيث

يكون موقع الصورة المتكونة بالعدسة الشيئية ضمن بعدها البؤري للحصول على صورة مكبرة تقديرية معتدلة للصورة الاولى التي تكونت بالعدسة الشيئية لاحظ الشكل(8-23).يمكن تحريك كل من هاتين العدستين على انفراد الى الاعلى والاسفل بوساطة مسمار محوري.نستعمل مرآة مقعرة لتركيز الضوء على الجسم المراد تكبيره لاحظ الشكل(8-24).وقد تم تطوير هذه الاجهزة بزيادة تكبيرها باضافة عدسات شيئية عدة للجهاز يمكن اختيار أي منها. كما يمكن ربطها بكاميرا رقمية لغرض عرض صورها على الشاشة.



شكل (8-23)



شكل (8-24)

اضافة الى ذلك هنالك اجهزة عرض مختلفة (يتم خلالها عرض الصور على شاشة بعيدة) مثل:

a- عارضة الصور الشفافة

b- عارضة الصور المعتمة(Epidiascope)

وتستعمل لعرض صورة موجودة على ورقة من اوراق الكتاب او أي صورة اخرى لتكبير صورتها على شاشة او جدار وملاحظة تفاصيلها بدقة لعدد كبير من الحاضرين.

c- عارض فوق الراس (over head projector)

d- اجهزة عرض الصور المتحركة (ماكنة السينما)

الصورة تكون مقلوبة ,مكبرة,حقيقية دائما لمثل هذه الاجهزة. وان الجسم يقع بين البؤرة وضعف البعد البؤري.

هنالك اجهزة عرض حديثة تربط مع الحاسبات لعرض ما موجود على شاشاتها على الجمهور ويطلق عليها *datta show* وهي مبنية على الفكرة نفسها.

B – اجهزة الرصد للاجسام البعيدة (Telescope)

تستعمل لرؤية الاجسام البعيدة وللرقابة العسكرية وفي حلبات السباق للخيول.

اضافة الى رصد حركات الاجرام السماوية وهي على انواع منها:-

a- التلسكوب (المرقاب) الكاسر

refracting telescope

لهذا المنظار مجموعتين من العدسات اللامة. شيئية واسعة السطح ذات بعد بؤري طويل تسمح لاكبر كمية من الضوء الصادر عن الجسم المرصود بالدخول الى المنظار. والعينية صغيرة المساحة وقصيرة البعد البؤري .الصورة النهائية المتكونة لهذه الاجسام بالجهاز مكبرة تقديرية معتدلة نسبة الى الصورة المتكونة خلال الشيئية. واستعمل لرصد الكواكب ويسمى بالمنظار الفلكي، لاحظ الشكل (8-25).

شكل (8-25)

b- منظار غاليلو

يمتاز هذا المنظار عن المنظار الفلكي بان الصورة التي يكونها معتدلة بالنسبة للجسم الاصلي وبقصر طوله

c- التلسكوب العاكس *reflecting telescope*

وهو من اكبر المناظير في العالم حيث تستعمل مرآة مقعرة عوضا عن العدسة الشيئية لتجميع الضوء فشدة الضوء المنعكس عن سطح المرآة اكبر من شدة الضوء المار خلال العدسة لاحظ الشكل (8-26).

شكل (8-26)

اسئلة

س1 - اختر العبارة الصحيحة لكل مما ياتي:

1- البعد البؤري لعدسة رقيقة لا يعتمد على:

a- معامل انكسار مادة العدسة.

b- معامل انكسار الوسط المحيط بالعدسة.

c- نصفي قطري تكور العدسة.

d- قطر العدسة.

2- للحصول على صورة حقيقية مقلوبة اكبر من الجسم بعدسة لامة ،يجب وضع الجسم على مسافة من العدسة.

a- اكبر من ضعف بعدها البؤري.

b- بين البؤرة وضعف البعد البؤري.

c- اقل من بعدها البؤري.

d- بقدر ضعف بعدها البؤري.

3- للحصول على صورة معتدلة تقديرية اكبر من الجسم باستعمال عدسة لامة يجب وضع الجسم على مسافة من العدسة.

a- بقدر بعدها البؤري.

b- بقدر ضعف بعدها البؤري.

c- اقل من بعدها البؤري.

d- اكثر من ضعف بعدها البؤري.

4- للحصول على صورة معتدلة تقديرية مكبرة يجب استعمال :-

a- عدسة مفرقة (مقعرة الوجهين).

b- عدسة مفرقة (مقعرة مستوية).

c- عدسة لامة يوضع الجسم ضمن بعدها البؤري.

d- عدسة لامة يوضع الجسم على مسافة اكبر من بعدها البؤري.

5- للحصول على صورة مصغرة تقديرية يجب استعمال عدسة مفرقة يوضع الجسم على بعد:

a- اقل من بعدها البؤري.

b- على اي بعد كان من العدسة.

c- اكثر من بعدها البؤري.

d- بقدر ضعف بعدها البؤري.

6- جسم يقع على مسافة لا نهائية من عدسة لامة فتكونت له صورة:

a- حقيقية.

b- تقديرية.

c- معتدلة.

d- اكبر من الجسم.

7- عدسة لامة ذات بعد بؤري $f = 15cm$ بعد الصورة المتكونة لجسم في هذه العدسة يعتمد على:

a- بعد الجسم عن هذه العدسة.

b- ارتفاع الجسم.

c- كون الجسم معتدلاً ام مقلوباً.

d- كل الاحتمالات السابقة.

8- عدسة مفرقة بعدها البؤري 10cm وضع جسم على بعد 40cm منها فأن موقع صورة الجسم ستكون على بعد:

+16 cm-a

- 10cm-b

+20 cm -c

- 8cm -d

9- وضع جسم على بعد 40cm من عدسة لامة بعدها البؤري 20cm فتكونت له صورة على بعد:

. 30 cm -a

. 20 cm -b

. 15 cm -c

. 40 cm -d

10- اذا كان تكبير عدسة لامة هو (-3) فهذا يعني ان صفات الصورة تكون

a - تقديرية ، معتدلة .طولها ثلاثة امثال طول الجسم.

b - تقديرية ، مقلوبة. طولها ثلاثة امثال طول الجسم.

c - حقيقية ، مقلوبة.طولها ثلاثة امثال طول الجسم.

d - حقيقية ، مقلوبة.طولها ثلث طول الجسم.

11-عدسة مفرقة وضع جسم امامها عند جانبها الايسر على بعد 80cm فتكونت له صورة تقديرية مصغرة معتدلة وعلى بعد 16cm من العدسة وعند الجانب الايسر للعدسة ايضا. فأن قدرة العدسة تساوي :

a - 5D -

b - 4D -

c - 2D -

d - 1.25 D-

س 2 - علل ما يأتي :

a- البعد البؤري لعدسة يختلف باختلاف لون الضوء الساقط عليها.

b- تغير البعد البؤري للعدسة اللامة عند نقلها من الهواء الى الماء.

c- الاشعة الضوئية التي تمر بالمركز البصري للعدسات الرقيقة تنفذ من العدسة بنفس الاتجاه.

س3- ما سبب الزيغ اللوني في العدسات ؟ وكيف يعالج؟

س4- ما سبب الزيغ الكروي في العدسات؟ وكيف يعالج؟



مسائل

1- وضع جسم امام عدسة مفرقة بعدها البؤري (12cm) فتكونت له صورة طولها ثلث طول الجسم.
ما بعد الجسم عن العدسة وما بعد صورته.

ج: $v = -8\ cm$ $u = 24\ cm$

2- عدسة مكبرة (عدسة لامة) بعدها البؤري 15cm على اي بعد يوضع جسم عنها للحصول على صورة معتدلة ومكبرة ثلاث مرات.

ج: $u = 10cm$

3- استعملت عارضة سلايدات للحصول على صورة على حاجز يبعد 6m فاذا كان ارتفاع الصورة 1.5m وكان ارتفاع السلايد 5cm ما البعد البؤري لعدسة العارض؟

ج: $f = 19.4cm$

4- قلم رصاص طوله 10cm وضع على بعد 70cm الى يسار عدسة بعدها البؤري +50cm جد صفات الصورة المتكونة:

ج: $h' = -25cm$ طول الصورة

(حقيقية، مكبرة، مقلوبة بالنسبة للجسم)

الفصل التاسع

9

الكهرباء الساكنة (المستقرة) Electrostatic

1-9 الشحنة الكهربائية

سبق وأن درسنا في المرحلة السابقة موضوع الشحنات الكهربائية الساكنة وطرائق الشحن بالكهربائية الساكنة ولاحظنا وجود نوعين من الشحنات الكهربائية (شحنات موجبة وشحنات سالبة). فعند تقريب جسم مشحون ومعزول بشحنة كهربائية من جسم آخر مشحون بالكهربائية ومعزول تظهر قوة كهربائية متبادلة بين الجسمين إذ تكون هذه القوة تنافراً في حالة تشابه نوعا الشحنتين وتجاذباً في حالة إختلافهما بنوع الشحنة.

تتميز الشحنات الكهربائية بالخصائص الاتية :

1- الشحنات المختلفة بالنوع تجذب كل منها الاخرى والشحنات المتشابهة تتنافر بعضها مع البعض الاخر.

2- الشحنةالكهربائية محفوظة.

3- ان اصغر قيمة للشحنة الكهربائية هي شحنة الالكترون، وان أي جسم مشحون تكون شحنته مضاعفات لشحنة الالكترون اي ان الشحنة الكهربائية مكممة ، اي انها تساوي اعداد صحيحة من شحنة الالكترون وتعطى الشحنة الكهربائية الكلية بالعلاقة التالية:

الشحنة الكهربائية الكلية (Q)= عدد صحيح موجب (n) × شحنة الالكترون (e)

$$Q=ne$$

حيث ان :

n :- يمثل عدد صحيح موجب $(n=1,2,3,4,.........)$.

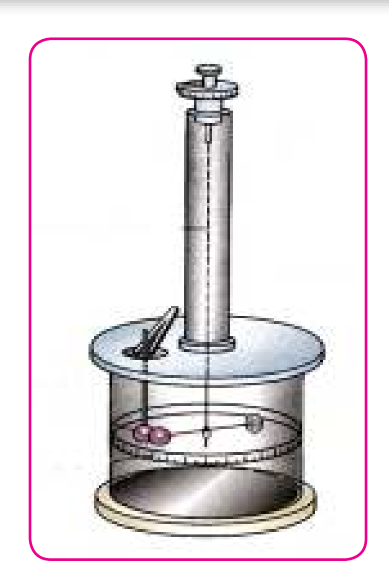
e:- شحنة الالكترون وتساوي $1.6\times10^{-19}C$.

هل تعلم

اكتشف حديثا وجود ست انواع من الجسيمات داخل النواة تسمى كواركات (Quarks) ثلاثة منها تمتلك شحنة تساوي $+\frac{2}{3}$ من شحنة البروتون والثلاثة الاخرى تمتلك شحنة تساوي $-\frac{1}{3}$ من شحنة البروتون.

2-9 قانون كولوم Coulomb's law

تمكن العالم تشارلز كولوم من صياغة قانوناً تجريبياً يوصف قوة التجاذب والتنافر بين جسمين مشحونين باستعمال ميزان الالتواء الذي ابتكره بنفسه اذ يحتوي على كرتين مشحونتين لاحظ الشكل(9-1). وإن التجاذب او التنافر يسبب لي في خيط التعليق ومقدار الزاوية التي يدور بها الخيط يبين مقدار القوة الكهربائية سواء أكانت تجاذباً أم تنافراً .



شكل (9-1)

وقد أوضحت تجارب كولوم ان القوة الكهربائية (F) المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين نقطيتين ساكنتين تتناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسيا مع مربع البعد بينهما.

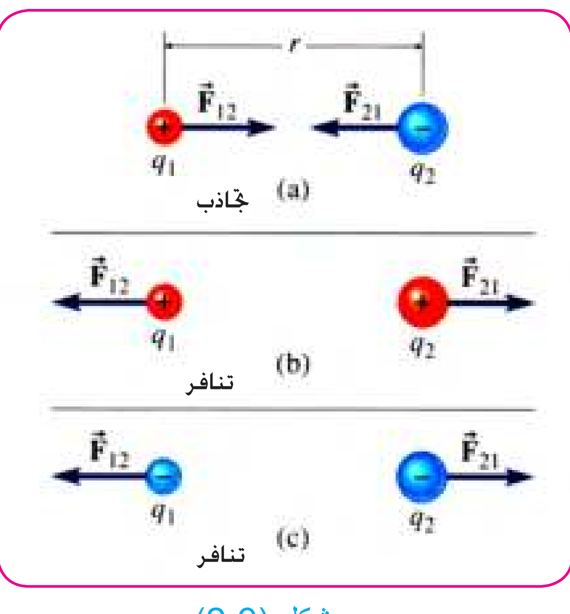
فاذا كانت الشحنتان الكهربائيتان النقطيتان هما q_1 ، q_2 والبعد بينهما هو r لاحظ الشكل(9-2). فان القوة الكهربائية المتبادلة بينهما تعطى بالعلاقة الاتية:

$$\text{القوة الكهربائية } (F) = \text{ثابت التناسب } (K) \times \frac{\text{الشحنة } (q_1) \times \text{الشحنة } (q_2)}{\text{مربع البعد بينهما } (r^2)}$$

نص قانون كولوم

تتناسب القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين تناسباً طردياً مع مقدار كل من الشحنتين وعكسياً مع مربع البعد بينهما.

$$F = K \; q_1 q_2 / r^2$$



شكل (9-2)

اذ كانت q_1، q_2 مقاسة بالكولوم وr مقاسة بالمتر فان مقدار الثابت K تعتمد قيمته على نوع الوسط الموضوعة فيه الشحنتين ويقاس بوحدات $N.m^2/ C^2$

ومقداره في حالة كون الوسط فراغا يساوي :

$$K= 9\times10^9 \; Nm^2/C^2$$

ويمكن كتابة الثابت K بالعلاقة التالية :

$$K = 1/ 4\pi\epsilon_0$$

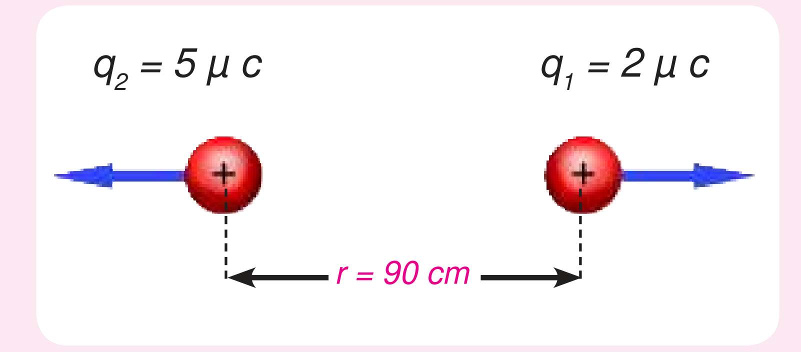
حيث ان الثابت ϵ_0 (الحرف الاغريقي ابسيلون) يمثل سماحية الفراغ او الهواء وقيمته $8.85\times10^{-12} C^2/N.m^2$

اذا كان الوسط مادة عازلة غير الهواء سماحيته ϵ فان القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين ستكون اقل مقدارا.

مثال 1

وضعت شحنة نقطية كهربائية مقدارها $(+2\ \mu C)$ على بعد $90cm$ من شحنة نقطية موجبة اخرى مقدارها $(+5\ \mu C)$. احسب القوة المتبادلة بين الشحنتين النقطيتين مبينا نوع القوة مع ذكر السبب؟

الحل /



بتطبيق قانون كولوم

$$F=K\ q_1\ q_2 / r^2$$

$$= \{ 9\times10^9\ .\ N.m^2/C^2 \times (+2\times10^{-6}C)\times(+5\times10^{-6}C) \} / (0.9\ m)^2 = 1/9N$$

بما أن القوى بين الشحنات الكهربائية متبادلة وحسب قانون نيوتن الثالث فأن :

$$\vec{F}_{12} = -\ \vec{F}_{21}$$

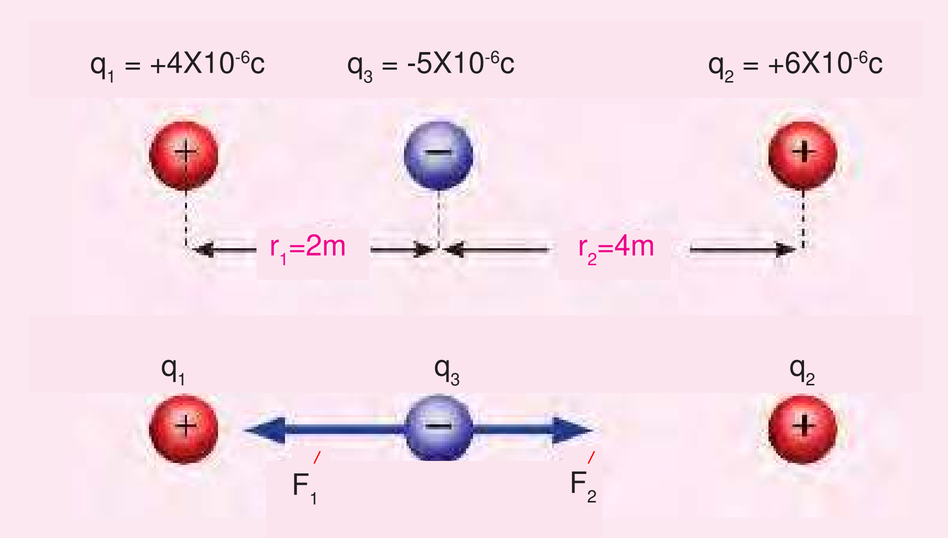
وعليه ، فأن $\vec{F}_{12}$ في اتجاه يعاكس $\vec{F}_{21}$

ان القوة بين الشحنتين النقطيتين هي قوة تنافر لانهما مشحونتين بنفس الشحنة وهي الشحنة الموجبة



مثال2

في الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية كهربائية موضوعة على استقامة واحدة . احسب مقدار محصلة القوى المؤثرة في الشحنة السالبة



من ملاحظتنا للشكل اعلاه نجد ان الشحنة السالبة تنجذب نحو q_1 بقوه $\overrightarrow{F_1}$ والشحنة السالبة تنجذب نحو q_2 بقوة $\overrightarrow{F_2}$. ونحسب هاتين القوتين بتطبيق قانون كولوم على النحو الاتي:

$$F = K \; q_1 q_2 / r^2$$

$$F_1 = \{ 9\times10^9 \times (+4\times10^{-6}) \times (-5\times10^{-6}) \} / (2)^2$$

$= - 0.0450 \text{ N}$ قوة تجاذب نحو اليسار

$$F_2 = \{9\times10^9 \times \; (+6\times 10^{-6}) (-5\times10^{-6}) \} / (4)^2$$

$F_2 = - 0.0169\text{N}$ قوة تجاذب نحو اليمين

وبما ان هاتين القوتين في اتجاهين متعاكسين فان القوة المحصلة هي F_R

$$F_R = F_1 - F_2$$

$$= - 0.0450 - (- 0.0169)$$

$$= - 0.045 + 0.0169$$

$$F_R = - 0.0281 \text{ N}$$

القوة المحصلة تكون نحو اليسار و باتجاه القوة الاكبر F_1

3-9 التوصيل الكهربائي

تنقسم المواد حسب قابليتها للتوصيل الكهربائي الى موصلات وعوازل و أشباه موصلات .

فالمواد العازلة تكون فيها الالكترونات على ارتباط وثيق بنوى ذراتها ولاتستطيع الحركة بحرية داخل المادة. فلو قربنا جسماً مشحوناً من مادة عازلة فلا تتولد عليها شحنة محتثة. من امثلة المواد العازلة المطاط. الزجاج، المايكا، الحرير الجاف، والماء المقطر وغيرها. اما المواد الموصلة فسلوكها مختلف تماما . فلو قربنا جسماً مشحوناً من مادة موصلة فان الكترونات التكافؤ الموجودة في الجزء الخارجي لذرات الموصل(وهي الكترونات ضعيفة الارتباط بنوى ذراتها) ستتاثر بشحنة الجسم المشحون المقرب اليها .لذا فانها ستؤثر على الالكترونات وتحركها داخل المادة الموصلة ناقلة الكهربائية خلالها أي تسمح بمرور الشحنات الكهربائية خلالها في الحال . وتعتبر المعادن من اجود المواد ايصالاً للكهربائية وعلى رأسها الفضة يليهِ النحاس فالالمنيوم اما اشباه الموصلات فهي تلك المواد التي لها خواص وسطية بين الموصلات والعوازل من حيث قابليتها في التوصيل الكهربائي ومن اشهرها السليكون *(Si)* والجرمانيوم*(Ge)* ولهذين العنصرين اهمية خاصة في التكنولوجيا لأستعمالها في تصنيع الترانزستورات والثنائيات البلورية والخلايا الشمسية .

4-9 توزيع الشحنات الكهربائية على سطوح الموصلات

لمعرفة كيفية توزيع الشحنات الكهربائية على السطوح الخارجية للموصلات نجري النشاط الآتي:



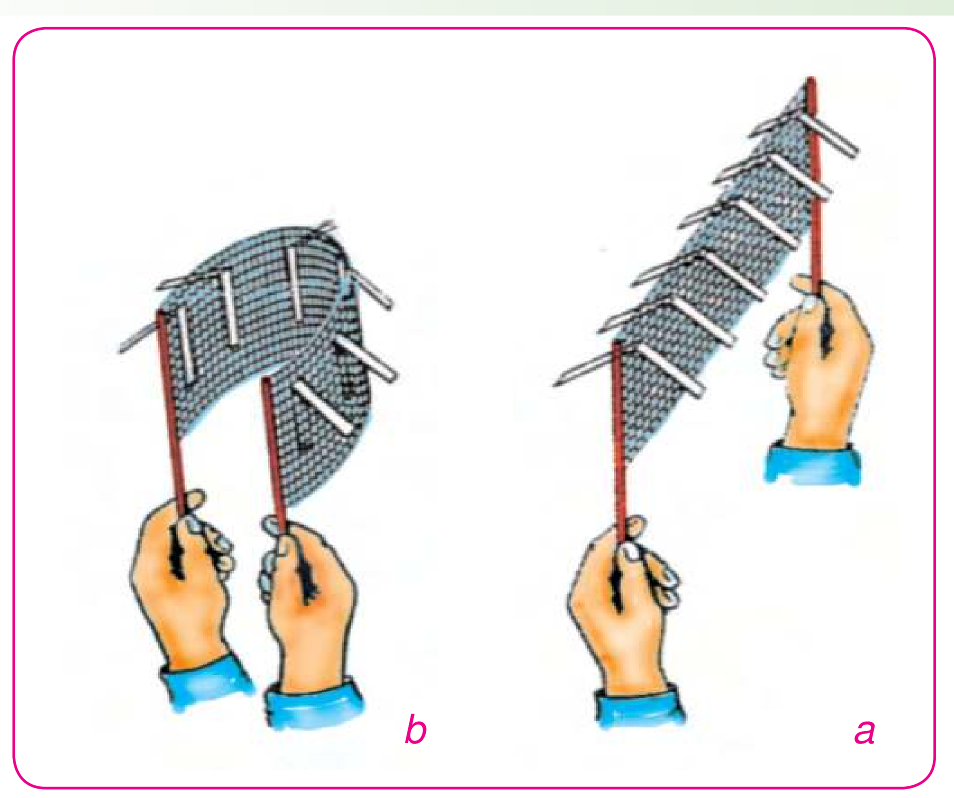
توزيع الشحنات الكهربائية على السطوح الخارجية للموصلات.

ادوات النشاط :

شبكه معدنية على حاملين عازلين ، قطع ورقية صغيرة ، مصدرللشحنات الكهربائية المستقرة .

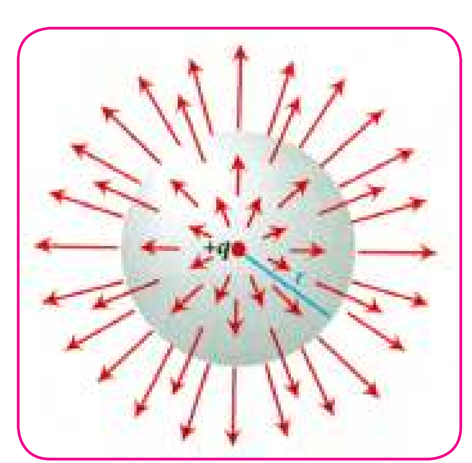
الخطوات :

- نلصق احد طرفي كل وريقة بالشبكة و يبقى طرفها الاخر سائبا و يتم ذلك من الجهتين .
- نشحن الشبكة بشحنة معينة فتبتعد النهايات السائبة للوريقات عن الشبكة بالتنافر من كلا الجهتين (لاحظ الشكل 9-3- a).
- نثني الشبكة المعدنية بحيث يكون سطحها مقوسا (كما في الشكل b-3-9) نلاحظ تنافر الوريقات التي على السطح الخارجي للشبكة وبقاء الوريقات على السطح الداخلي بدون تنافر .



شكل (9-3)

نستنتج من هذا النشاط ان الشحنات الكهربائية تستقر على السطوح الخارجية للموصلات المشحونة والمعزولة بسبب تنافر هذه الشحنات عند وضعها في داخل الجسم الموصل لأنها من النوع نفسه لاحظ الشكل(9-4).



شكل (9-4)

كثافة الشحنه الكهربائية:-

مقدار الشحنة الكهربائية لوحدة المساحة من سطح الموصل المشحون والمعزول. وتحسب كثافة الشحنه على السطح المعدني الكروي كالاتي:

$$\text{كثافة الشحنة} = \frac{\text{مقدار الشحنة الموجودة على سطح الموصل}}{\text{المساحة السطحية للموصل}}$$

$$Charge\ density\ (\sigma) = \frac{charge\ (q)}{area\ (A)}$$

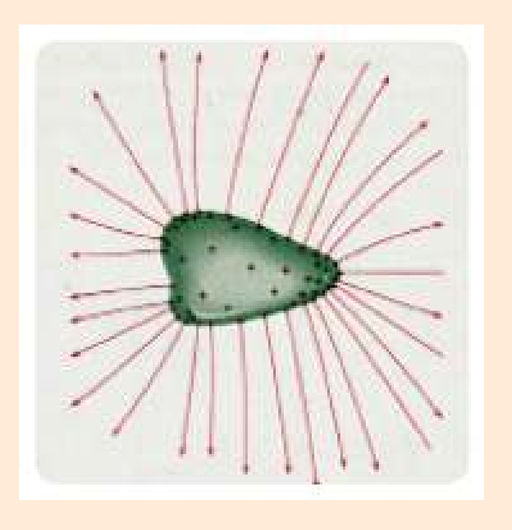
$$\sigma = \frac{q}{A}$$

σ = كثافة الشحنة (حرف لاتيني يلفظ سيكما) ويقاس بوحدة $\frac{C}{m^2}$

q = مقدار الشحنة وتقاس بوحدات الكولوم.

A = المساحة السطحية للموصل الكروي المشحون والمعزول وتقاس بوحدات m^2.

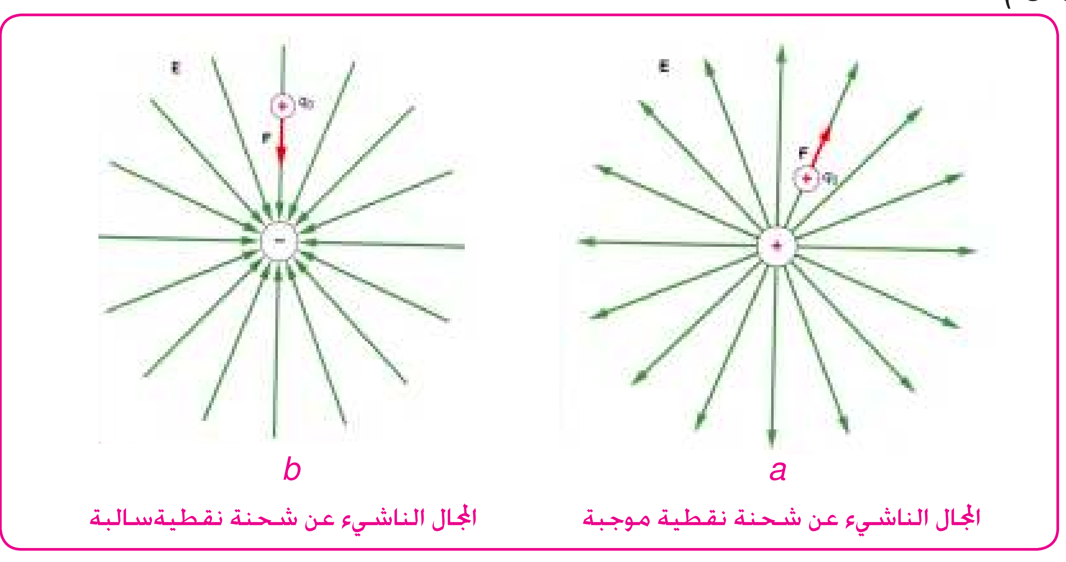
تذكر



ان الشحنات الكهربائية تتركز على الرؤوس المدببة من سطح الموصلات المشحونة والمعزولة بكثافة شحنة اكبر.

5-9 المجال الكهربائي The Electric Field

درست سابقا ان المجال الكهربائي لشحنة كهربائية هو الحيز المحيط بالشحنة الكهربائية والذي يظهر فيه تاثير القوة الكهربائية على شحنة اختبارية موجبة موضوعة في اي نقطة من المجال. لاحظ الشكل (5-9)



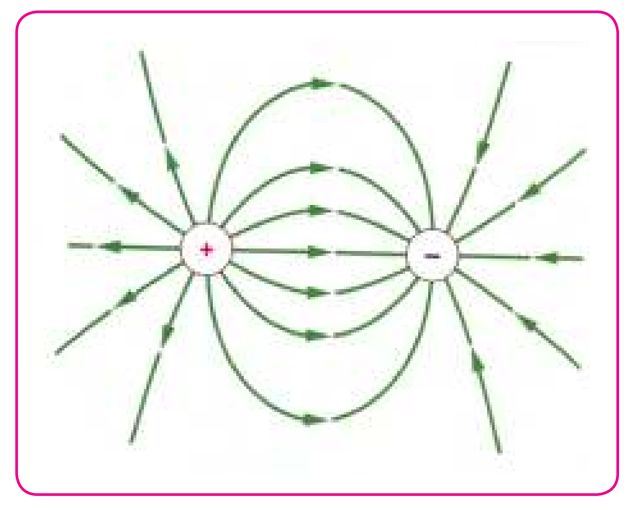
شكل (5-9)

والمجال الكهربائي كمية متجهة ويكون اتجاهها باتجاه محصلة القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة الاختبارية ، ويكون موجباً عندما يصدر عن شحنة موجبة والمجال يكون سالباً اذا صدر عن شحنة سالبةٍ.

والمجال الكهربائي يمثل بخطوط تسمى خطوط القوة الكهربائية او خطوط المجال الكهربائي . ويعرف خط المجال الكهربائي بأنه: المسار الذي تسلكه شحنة اختبارية موجبة حرة الحركة عند و ضعها في المجال.

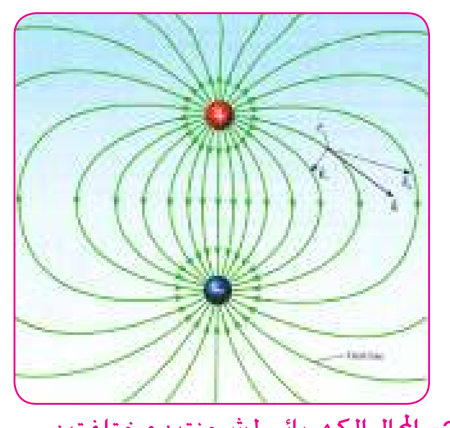
وتتصف خطوط المجال الكهربائي بما يأتي:

1 - تنبع من الشحنة الموجبة وبصورة عمودية على السطح المشحون وتتجه نحو الشحنة السالبة عمودياً على السطح المشحون بالشحنة السالبة لاحظ الشكل (6-9)

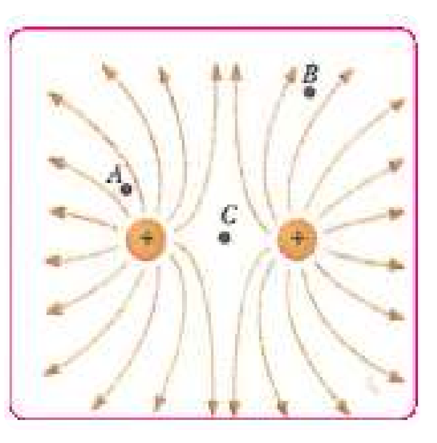


شكل (6-9)

2 - المماس لخط القوة في اية نقطة يمثل اتجاه المجال الكهربائي في تلك النقطة شكل (7-9)



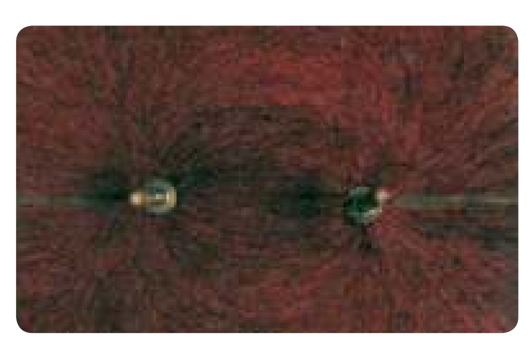
a- المجال الكهربائي لشحنتين مختلفتين



b- المجال الكهربائي لشحنتين متماثلتين

شكل (7-9)

3 - خطوط القوة الكهربائية لاتتقاطع مع بعضها البعض بل تتنافر وتتوتر لتأخذ أقصر طول ممكن لها . لاحظ الشكل . (8-9)



شكل (8-9)

ويمكن ان نعرف المجال الكهربائي كمياً عند نقطة ما بانه: مقدار القوة الكهربائية التي يؤثر بها المجال في شحنة موضوعة في تلك النقطة مقسوماً على مقدار الشحنة اي ان:

$$\text{المجال الكهربائي} = \frac{\text{القوة الكهربائية}}{\text{الشحنة المتأثرة بالمجال}}$$

$$E = \frac{F}{q'}$$

حيث:

E = المجال الكهربائي مقاساً بوحدة $\frac{Newton}{Coloumb}$

F = القوة المؤثرة مقاسة بوحدة (Newton)

q' = الشحنة المتأثرة بالمجال ، مقاسة بوحدة (Coloumb) ومن اجزائها المايكروكولوم (μC) والبيكوكولوم (PC).

وعندما يكون المجال الكهربائي ناشئاً عن شحنة نقطية (q) ، فان القوة (F) المؤثرة في شحنة الاختبار (q') تعطى بالعلاقة الأتية:

قانون كولوم

$$F = K \frac{q \times q'}{r^2}$$

وبما أن المجال الكهربائي:

$$E = \frac{F}{q'}$$

$\therefore$

$$E = \frac{K q}{r^2}$$

حيث:

E : المجال الكهربائي الناشيء عن الشحنة النقطية عند نقطة تبعد مسافة (r) عنها

q : الشحنة النقطية المسببة للمجال الكهربائي

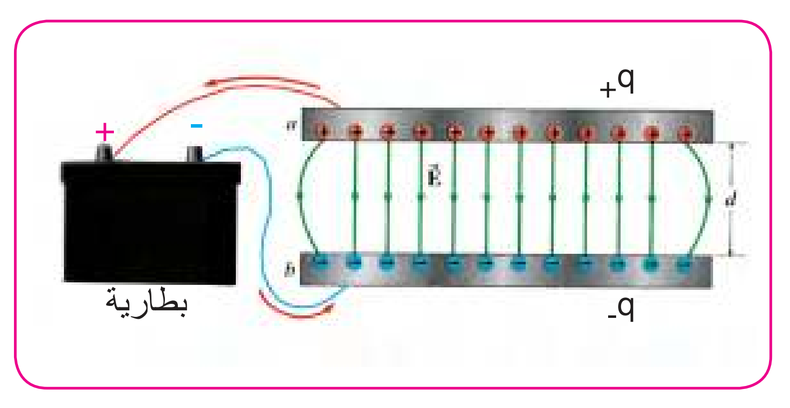
r : بعد النقطة عن الشحنة النقطية

K : ثابت ويساوي $9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

المجال الكهربائي المنتظم و غير المنتظم :

المجال الكهربائي المنتظم : هو المجال الثابت المقدار والاتجاه عند كل نقطة من نقاطه وخطوط القوة الكهربائية فيه تكون متوازية ومنتظمة الكثافة . ويمكن الحصول على المجال الكهربائي المنتظم عند شحن لوحين متوازيين واسعين بشحنتين متساويتين ومختلفتين بالنوع .

ان خطوط المجال الكهربائي في المنطقة بين اللوحين متوازية . والابعاد بينهما متســـــــــاوية (باهمال تأثير الحافات المقوسة) . وهذا يعني ان للمجال المقدار نفسه وكذلك الاتجاه نفسه عند جميع النقاط لاحظ الشكل (9-9) .



شكل (9-9)

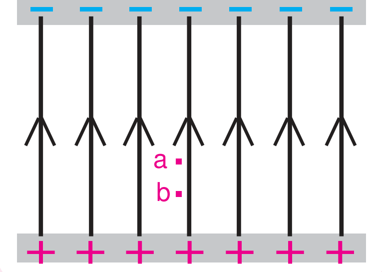
اما المجال الكهربائي غير المنتظم :

فهو ذلك المجال الذي يتغير مقداره بين نقطة واخرى . مثل المجال المتولد عن شحنة نقطية او حول كره موصلة مشحونة لاحظ الشـــكل (10-9) اذ يقل مقدار المجال كلما ابتعدنا عنها . بسبب نقصان كثافة خطوط القوة الكهربائية

شكل (10-9)

مثال 1

صفيحتان متوازيتان مشحونتان بشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع . وضعت شحنة مقدارها 2×10^{-6} C عند النقطة (a) (لاحظ الشكل المجاور) بين اللوحين فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها 6×10^{-4} N في اتجاه خطوط المجال





1- ما نوع الشحنة النقطية ؟

2- احسب مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (a) ؟

3- إذا انتقلت الشحنة الى النقطة (b) . ما مقدار القوة المؤثرة فيها؟

الحل/

1- بما أن القوة الكهربائية باتجاه المجال فان الشحنة النقطية موجبة.

2- المجال الكهربائي = $\frac{\text{القوة الكهربائية}}{\text{الشحنة المتأثرة بالمجال}}$ $\Leftarrow$ $E = \frac{F}{q'}$

$$E = \frac{6 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-6}} = 3 \times 10^{2} \ \frac{Newton}{Coloumb}$$

3- عندما تنتقل الشحنة الى النقطة (b) تتأثر بالقوة نفسها مقداراً ($F = 6 \times 10^{-4}$ N) اي في اتجاه المجال E) لان المجال الكهربائي بين الصفيحتين منتظم

مثال2

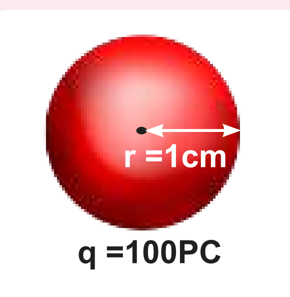
كره موصله مشحونة مقدار شحنتها $(100\ pC)$ ونصف قطرها $(1cm)$

احسب :

1- المجال الكهربائي في نقطة تبعد $(50cm)$ عن مركزها .

2- المجال الكهربائي على سطحها .

3- المجال الكهربائي في نقطة داخل الكرة



الحل :

$$1PC = 1x10^{-12}C$$

$$100PC = 100\times10^{-12}c$$

$$= 10^{-10}c$$

بما ان المجال الكهربائي غير منتظم نستعمل العلاقة لاتية :-

1- $E = K\ q/r^2$

$$= 9\times 10^9\ N.m^2/C^2 \times (10^{-10})/(50\times10^{-2}\ m)^2$$

$$= 3.6\ N/C$$

2-عند سطح الكرة فان: $r = 1cm = 0.01m$

$$E = K\ \ q/r^2$$

$$= 9\times10^9\ \ N.m^2/C^2\ \times (10^{-10})C/(1\times10^{-2}m)^2$$

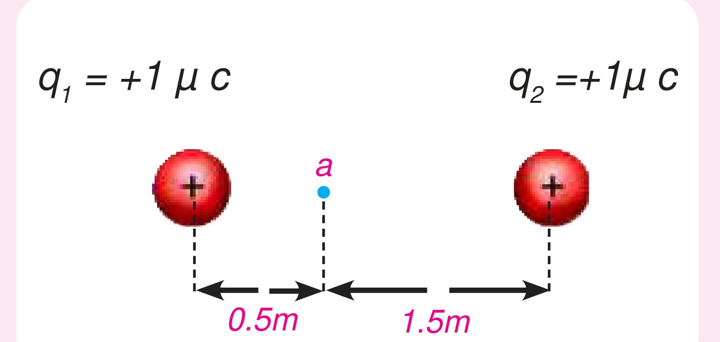
$$= 9000\ N/C$$

3 - ان المجال الكهربائي داخل الكرة الموصلة يساوي صفراً لانه خالي من الشحنات اذ تظهر الشحنات على سطح الكرة الخارجي اي ان :

$$E=0$$

مثال3

في الشكل المجاور شحنتان نقطيتان مقدار كل منهما $(+1\mu c)$ والبعد بينهما $(2m)$



احسب مقدار المجال الكهربائي في نقطه من نقاط الخط الواصل بين الشحنتين بحيث تبعد $(0.5m)$ عن الشحنة الأولى وتبعد $(1.5m)$ عن الشحنة الثانية ؟

الحل:

بما ان المطلوب هو ايجاد المجال الكهربائي عند النقطة (a) فاننا نفترض وجود شـــــــحنه اختبارية موجبة عند النقطة (a) . وبعدها نحسب مقدار المجالات الكهربائية الناشئة عن هذه الشحنات النقطية.ان شحنة الاختبار ستتأثر بقوة تنافر مع q_1 وكذلك بقوة تنافر مع q_2 لذلك فان :

$$E = K\ q / r^2$$

$$E_1 = 9\times 10^9 \times 1\times10^{-6} / (0.5)^2$$

$$E_1 = 36\times10^3\ N / C$$ المجال الكهربائي الناشيء عن الشحنة q_1

$$E_2 = 9\times10^9 \times 1\times10^{-6} / (1.5)^2$$

$$E_2 = 4\times10^3\ N / C$$ المجال الكهربائي الناشيء عن الشحنة q_2

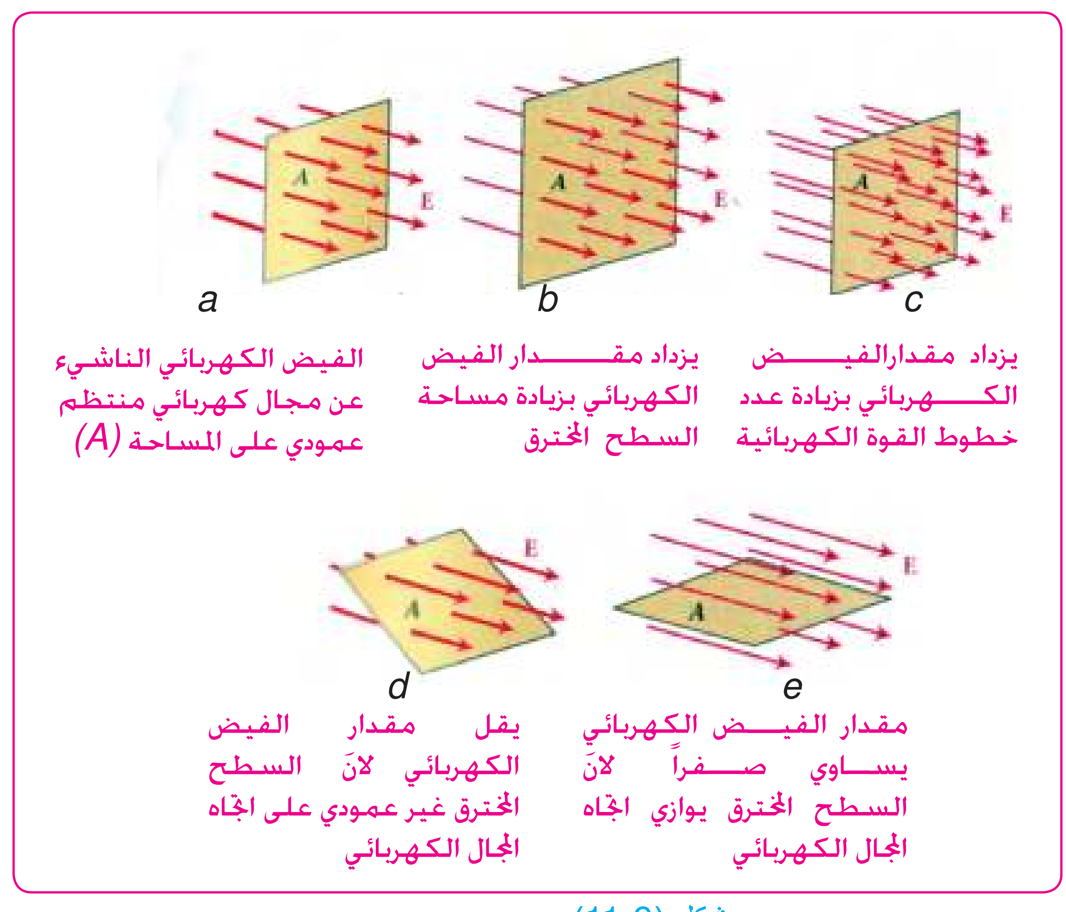
بما ان اتجاه E_1 يعاكس اتجاه E_2 فأن محصلة المجال الكهربائي E_R تكون بأتجاه المجال الكهربائي الاكبر

E_R (محصلة المجال الكهربائي) $= E_1 - E_2 = 36\times10^3 - 4\times10^3$

$$E_R = 32\times10^3 \frac{N}{C}$$

6-9 الفيض الكهربائي The Electric Flux

يتوقف المجال الكهربائي في منطقة معينة على كثافة خطوط القوة الكهربائية المارة من تلك المنطقة فتزداد بزيادتها ولذلك تعد كثافة خطوط القوة الكهربائية مقياساً للمجال الكهربائي. إن عدد خطوط القوة الكهربائية التي تقطع السطح عمودياً يدعى بالفيض الكهربائي ويرمز له بالرمز الاغريقي (Φ).من ملاحظتنا للشكل(9-11) نجد ان مقدار الفيض الكهربائي يزداد بزيادة عدد خطوط القوة الكهربائية التي تخترق السطح (A) عمودياً، وكذلك بزيادة مقدار مساحة السطح المخترق.



شكل (9-11)

وبذلك يمكن استنتاج العلاقة بين الفيض الكهربائي والمجال الكهربائي كما يأتي:

الفيض الكهربائي (Φ) = المجال الكهربائي العمودي ($E_{\perp}$) × مساحة السطح المخترق

$$\Phi = E_{\perp}A$$

مثال1

احسب مقدارالفيض الكهربائي خلال كرة موصلة مشحونة ومعزولة نصف قطرها متر واحد و على سطحها شحنة مقدارها $(+1\mu C)$

الحل:

$$E = k\ q/r^2$$

$$= 9\times10^9 \times (1\times10^{-6} / 1^2)$$

$$E = 9\times10^3\ N/C$$ مقدار المجال الكهربائي في نقطة من سطح الكرة

الفيض الكهربائي (Φ) = المجال الكهربائي العمودي $(E_\perp)$ × مساحة السطح المخترق (A)

$$\Phi = E_\perp A$$

$$\Phi = E_\perp \times 4\pi r^2$$

$$= 9\times10^3 \times 4\times3.14\times1^2$$

$$\Phi = 1.13\times10^5\ N.m^2/C$$ مقدار الفيض الكهربائي

مثال2

شحنة كهربائية مقدارها $+2\times10^{-6}C$ وضعت في مجال كهربائي منتظم يبدي قوة مقدارها $8\times10^{-2}N$. ماهو مقدار المجال الكهربائي؟

الحل :

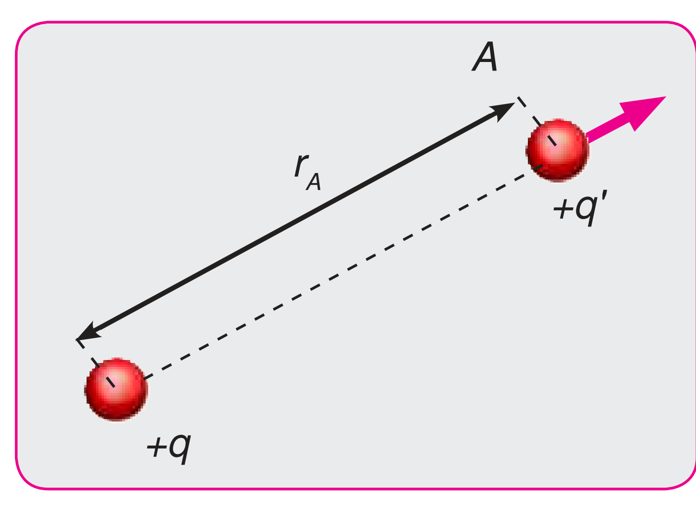
$$E = \frac{F}{q^{/}}$$

$$E = \frac{8\times10^{-2}\ N}{2\times10^{-6}\ C}$$

$$E = 4\times10^{4}\ \frac{N}{C}$$ مقدار المجال الكهربائي

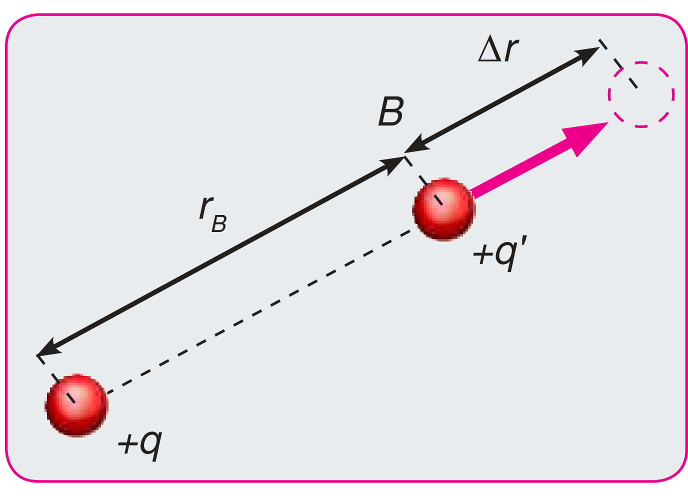
7-9 الجهد الكهربائي Electric Potential

لو فرضنا وجود شحنة كهربائية موجبة (q) على بعد r_A من شحنة اختبارية موجبة (q') . فان الشحنة الاختبارية الموجبة(q') تكون متأثرة بالمجال الكهربائي للشحنة (q) حسب قانون كولوم بالاتجاه بعيدا عن q كما في الشكل (9-12) وان هذه الشحنة تمتلك طاقة كامنةكهربائية معينة.



شكل (9-12)

واذا تحركت الشحنة الاختبارية(q') قريباً من الشحنة(q) وعلى بعد r_B لاحظ الشكل (9-13)وبأتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي ، فأن ذلك يتطلب انجاز شغل للتغلب على قوة التنافر ، فيتحول هذا الشغل ايضاً الى طاقة كامنة كهربائية . عندها سيكون مقدار الطاقة الكامنه في نقطة B اكبر من مقدار الطاقة الكامنة في النقطة A بمقدار الشغل المبذول.



شكل (9-13)

ووفقاً لذلك يمكن تعريف الجهد الكهربائي بانه: **الطاقة الكامنة الكهربائية لوحدة الشحنة في نقطة داخل المجال الكهربائي وهو كمية غير اتجاهية.** أي ان :

$$\text{الجهد الكهربائي}(V) = \frac{\text{الطاقة الكامنة الكهربائية (الشغل)} (W)}{\text{الشحنة المتأثرة} (q)}$$

$$V \ (volt) = \frac{w \ (joule)}{q \ (coloumb)}$$

ولحساب الجهد الكهربائي على بعد r من مركز كرة معزولة ومشحونة بشحنة q نطبق العلاقة الأتية:

$$V = k \frac{q}{r}$$

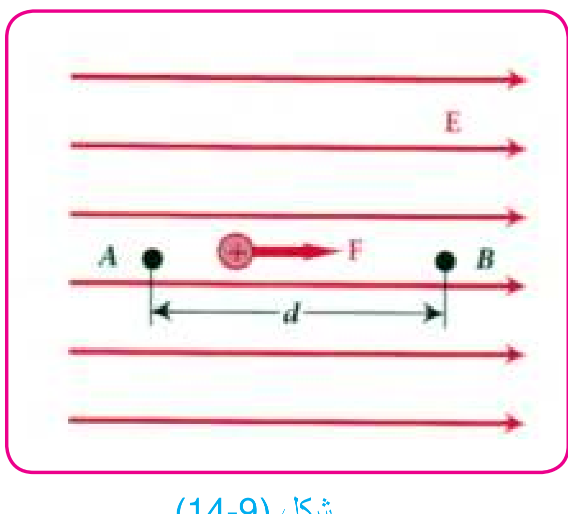
حيث:

K : ثابت التناسب ويساوي $9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ (للهواء)

ويقاس الجهد الكهربائي بوحدات *volt* . ويكون الجهد موجباً اذا تولد من شحنة موجبة ويكون سالباً اذا تولد من شحنة سالبة

8-9 فرق الجهد الكهربائي Potential difference

إن فرق الجهد بين جهدي النقطتين (A)،(B) داخل المجال الكهربائي لاحظ الشكل (9-14) هو الفرق في الطاقة الكامنة الكهربائية لوحدة الشحنة بين هاتين النقطتين ، وهو مقدار الشغل اللازم لنقل الشحنة الكهربائية الموجبة من احدى النقطتين الى الاخرى مقسوماً على مقدار تلك الشحنة .



شكل (9-14)

فرق الجهد الكهربائي = الجهد عند B - الجهد عند A

$$V_{AB} = V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q}$$

ومنها :

الشغل = فرق الجهد × الشحنة المنقولة

$$W_{AB} = q\,V_{AB}$$

العلاقة بين المجال الكهربائي وانحدار الجهد

لقد بينا أن :

$$\text{فرق الجهد} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الشحنة المنقولة}}$$

$$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$



وعند التعويض عن الشغل W_{AB} بما يساويها وفي مجال كهربائي منتظم

الشغل (W_{AB}) = القوة (F) × الازاحة (x)

$$W_{AB} = F\,x$$

ومنها نحصل على

$$V_{AB} = \frac{F\,x}{q}$$

$$\frac{V_{AB}}{x} = \frac{F}{q}$$

المجال الكهربائي (E) يساوي $\frac{F}{q'}$

ان المقدار $\frac{V_{AB}}{x}$ يسمى انحدار الجهد ويقاس بوحدات $\frac{Volt}{meter}$

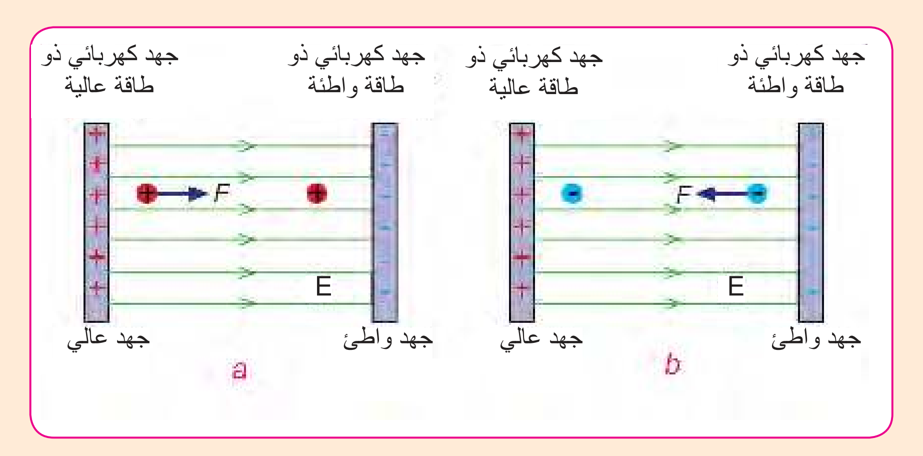
اي ان

المجال الكهربائي = انحدار الجهد

$$E=\frac{V_{AB}}{x}$$

تذكر

- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة كهربائية موجبة تشير الى الاتجاه الذي عنده تكون الطاقة الكامنة واطئة لاحظ الشكل (a) .
- المجال الكهربائي يكون دائماً باتجاه الجهد الواطيء لاحظ الشكل (a,b).



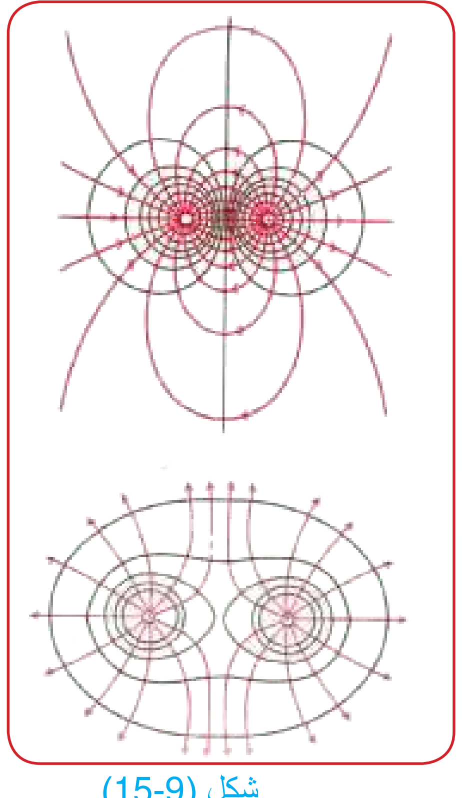
هل تعلم



ان اختبار الاجهاد الذي يستعمل في فحص مرضى القلب يتم من خلال حساب العلاقة بين فرق الجهد بين قطبين معدنيين كدالة للزمن . وهذا الاختبار يظهر ما اذا كان القلب يعمل بصورة طبيعية أم لا.

9-9 سطح تساوي الجهد Equipotential Surface

سطح تساوي الجهد هو ذلك السطح الذي تكون نقاط سطحه جميعاً بنفس قيمة الجهد الكهربائي اي ان فرق الجهد بين اي نقطتين من نقاطه يساوي صفراً .



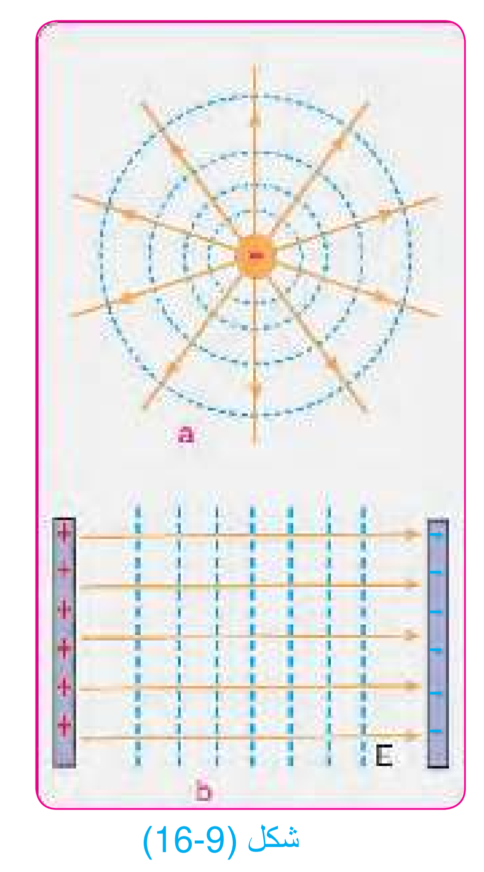
شكل (9-15)

وأهم خواص سطوح تساوي الجهد هي:

1 - لاتتقاطع بعضها مع البعض الآخر لاحظ الشكل (9-15)

2 - خطوط القوة الكهربائية تكون عمودية على سطوح تساوي الجهد.

3 - تتقارب سطوح تساوي الجهد فيما بينها في المناطق التي يكون المجال الكهربائي (E)فيها كبيراً فتزداد كثافة خطوط القوة الكهربائية ايضاً ولهذا السبب فأن سطوح تساوي الجهد تتقارب قرب النهايات المدببة للاجسام المشحونة المعزولة.



شكل (9-16)

الشكل (9-16) يبين سطوح تســـاوي الجهد) وقد رسمت بشكل خطوط متقطعة) وخطوط القوة الكهربائية المرسومة بشكل خطوط مستمرة لشكلين مختلفين في المجالات الكهربائية . فعندما يكون المجال ناشئا عن شحنة نقطية كما في (a)تكون سطوح تساوي الجهد كروية الشكل ومتحدة المركز . أما في حالة المجال المنتظم (كالذي ينشأ بين لوحين متوازيين) كما في الشكل(b) فتكون سطوح تساوي الجهد مستوية ومتوازية .

مثال 1

كرة معدنية معزولة نصف قطرها $5cm$ عليها شحنه مقدارها $20\mu C$

جد الجهد الكهربائي في نقطة :-

1- على سطحها

2- على بعد $(15\ cm)$ من سطحها

$$q = 20\ \mu\ c = 20 \times 10^{-6}\ \ c$$

الحل:-

1- $V = K\ q\ /\ r$

$$V_1 = \{\ 9 \times 10^9 \times 20 \times 10^{-6}\ \}\ /\ 0.05$$

$$V_1 = 36 \times 10^{5}\ \ volt$$ وهو جهد جميع نقاطها

2- $V_2 = \{\ 9 \times 10^9 \times 20 \times 10^{-6}\ \}\ /\ (0.05 + 0.15)$

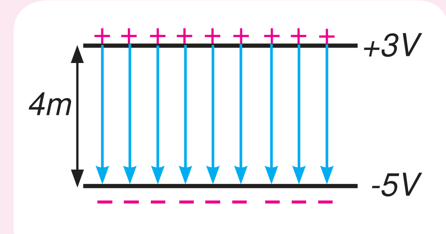
الجهد على بعد $(15\ cm)$ من سطحها $V_2 = 9 \times 10^5\ volt$

مثال 2

الشكل المجاور يبين سطحان متوازيان من سطوح تساوي الجهد جهد احدهما $(-5V)$ وجهد الآخر $(+3V)$ والبعد بينهما $(4m)$ احسب المجال الكهربائي بينهما .

الحل:-

بما ان المجال الكهربائي منتظم بين السطحين فان خطوط المجال ستكون متوازية وعمودية على كلا السطحين لذلك فأن :



المجال الكهربائي = فرق الجهد الكهربائي / البعد

اي ان:

المجال الكهربائي = انحدار الجهد

$$E = \frac{\Delta v}{x}$$

$$E = \frac{v_2 - v_1}{x}$$

$$E = \frac{3 - (-5)}{4}$$

مقدار المجال الكهربائي $E = 2 \frac{v}{m} \Leftrightarrow E = \frac{8}{4}$

مثال3

النقطه A تبعد $(30cm)$ عن مركز كرة نصف قطرها $(1cm)$ مشحونة بشحنة $(2\times10^{-9})C$ ونقطه B تبعد $(90cm)$ عن مركز الكرة نفسها. احسب الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها $(1\mu c)$ من نقطة B الى نقطة A.

$$\text{الجهد الكهربائي} = \frac{\text{ثابت} \times \text{الشحنة}}{\text{البعد}}$$

$$V = k \; q / r$$

حيث q تمثل الشحنة المولدة للمجال

الجهد عند النقطة A $\quad V_A = 9\times10^9 \times 2\times10^{-9} \; / \; 0.3 = 60 \; volt$

الجهد عند النقطة B $\quad V_B = 9 \times 10^9 \times 2 \times10^{-9} \; / \; 0.9 = 20 \; volt$

الجهد عند النقطة B - الجهد عند النقطة A = فرق الجهد بين النقطتين (B, A)

$$V_{AB} = V_A - V_B = 60 - 20 = 40 \text{ volt}$$

الشغل = فرق الجهد × الشحنة

$$W_{AB} = q\ V_{AB}$$

$$W_{AB} = 1 \times 10^{-6} \times 40 = 40 \times 10^{-6} \text{ Joule}$$

الجهد الكهربائي للارض :

يعد الجهد الكهربائي للأرض صفرا . وهذا لا يعني ان الارض خالية من الشحنات الكهربائية وانما لان سطحها كبير جدا الى حد لايسمح لأية شحنة تعطى لها او تؤخذ منها ان تغير من جهدها اذ تعد خزانا كبيرا للشحنات الموجبة والسالبة.

فالموصلات المشحونة بشحنة موجبة وبعيد عن المؤثرات الكهربائية يكون جهدها موجبا فإذا وصلت بالارض انتقلت اليها شحنات سالبة من الارض فتعادلها ويصبح جهدها صفر كجهد الارض أما إذا كان الموصل سالب الشحنة فان جهده يكون سالب فاذا وصل بالارض انتقلت الشحنات السالبة من الموصل الى الارض ويصبح جهده صفرا مثل جهد الأرض .

عمل الرؤوس المسننة في تفريغ الشحنات الكهربائية



شكل (9-17)

إن كثافة الشحنة تتناسب عكسيا مع نصف قطر الموصل لذا ستكون كثافة الشحنة في الرؤوس المدببة كبيرة جدا.فتتفرغ الكهرباء منها إلى الجو عن طريق الايونات الحرة الموجودة دائما في الهواء بسبب المجال الكهربائي العالي الذي يسبب تأين الهواء المحيط بهذا الطرف المدبب لاحظ الشكل (9-17).الذي يقوم بجذب دقائق الهواء المتعادلة او المشحونة بشحنة مخالفة فتتعادل الشحنات ثم تكتسب شحنة مماثلة لشحنة الطرف المدبب فتتنافر معه .ويتم بذلك تفريغ الشحنة الكهربائية منه إلى الجو .

الكهرباء الجوية

هناك العديد من الظواهر الكهربائية المرئية تظهر في مناطق من الكرة الارضية منها الشفق القطبي والزوابع الرعدية والبرق والصواعق . وسنتناول في دراستنا بعض هذه الظواهر مثل البرق والرعد في الجو الممطر لاحظ الشكل (9-18)

بصورة خاصة تصبح السحب محملة بالكهرباء وتكون شحنتها موجبة في الطبقات العليا وسالبة في الطبقات السفلى من الغيمة



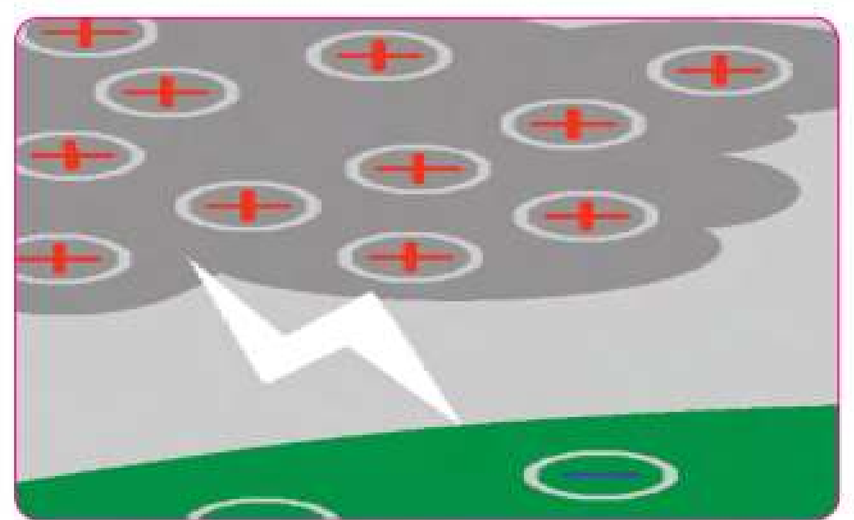
شكل (9-18)

فاذا حصل تفريغ (على شكل ضربات متقاربة) بين الاجزاء المختلفة من السحابة الواحدة او بين سحابتين مختلفتين فتسمى (برقا) وهو لايستمر اكثر من $1/1000$ من الثانية ويحصل بمعدل (100) ومضة في الثانية الواحدة تقريبا .وبقدرة $4x10^9 kilowatts$ وقد يصل طول الشرارة الى عدة كيلومترات وبقطر(15cm -10cm) فيؤدي الى تأين الهواء وتسخينه بشكل مفاجيء الى(30000°C) مما يعطي ضوءا وهاجا .

ان هذا الارتفاع المفاجيء في درجة الحرارة يعمل على تمديد الهواء بشكل مفاجيء ايضا مولدا صوتا يتكرر صداه بين الغيوم فيسمى (رعدا).

الصاعقة : إذا حصل تفريغ كهربائي بين السحابة المشحونة واي جسم يحمل شحنه مخالفة لها على سطح الأرض فيسمى عندئذ صاعقة التي معدل زمن حدوثها يساوي $\frac{1}{4} sec$ لاحظ الشكل (19-9).





شكل (19-9)

مانعة الصواعق :

تستعمل لحماية الدور والمنشات من التفريغ الكهربائي الجوي. فهي تعمل على تفريغ الشحنة الكهربائية نحو الأرض ببطء وعملها يتوقف على فعل الأسنة فهي تتركب من موصل احد طرفيه مثبت في ارض رطبة وطرفه الآخر يعلو فوق سطح البناية حيث يكون مدببا. فاذا كان الجو مشحونا بالشحنات السالبة تتولد على سطح الأرض شحنات موجبة تنتقل الى الرأس المدبب لمانعة الصواعق ثم تندفع مبتعدة عنه محدثة تفريغاً تدريجياً بفعل فرق الجهد بين الأرض والجو المحيط بالرأس المدبب وبذلك يقل خطر التفريغ الخارجي لاحظ الشكل (9 - 20).

هل تعلم

يبدو للعين المجردة بانه يحصل تفريغا واحدا للبرق الا ان الحقيقة هي حصول عدد من الضربات المتعاقبة السريعة تسلك المسار نفسه في الهواء.



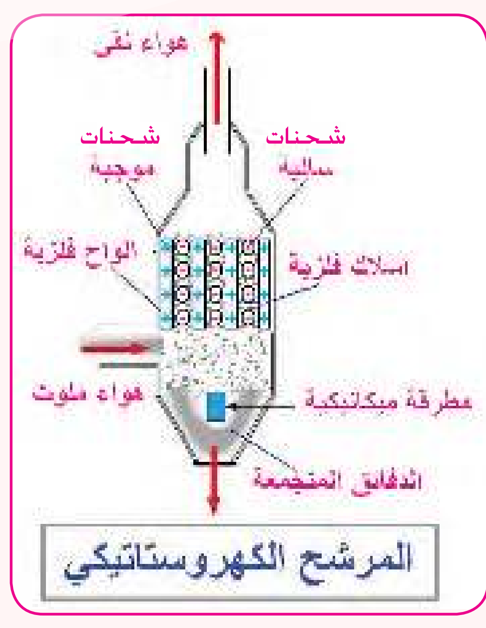


شكل (9-20)

تطبيقات على الكهربائية الساكنة

1. المرشحات الكهروستاتيكية Electrostatic Filters

تقوم الكثير من المعامل والمصانع باطلاق غازات محملة بدقائق صغيرة على شكل سحابة من الدخان مما يؤدي الى تلوث الهواء .وقد استعملت اجهزة المرشحات الكهروستاتيكية في تنقية البيئة من ذلك يبين الشكل *(9-21)* عمل المرشح الكهروستاتيكي. حيث يحتوي المرشح على اسلاك فلزية رفيعة مشحونة بشحنة سالبة وتعمل على شحن دقائق الدخان بشحنة سالبة عند مرور الغازات الملوثة عبر المرشح ، فتنجذب دقائق الدخان بالواح فلزية موجبة الشحنة وبأستعمال مطرقة ميكانيكية سيتم هز هذه الالواح لتجميع الدقائق في الاسفل .



شكل (9-21)

2. جهاز الاستنساخ الضوئيPhotocopier

يعد جهاز تصوير الوثائق من التطبيقات المهمة على الكهربائية الساكنة .يبين الشكل *(9-22)* الخطوات الرئيسية التي تتم داخل جهاز تصوير الوثائق .



شكل (9-22)

اسئلة

س1- اختر الجواب الصحيح فيما يلي :

1- كثافة الشحنة الكهربائية لموصل معزول مشحون فية نتوءات تكون:

a- أكبر مايمكن عند رؤوسه المدببة.

b- أقل ما يمكن عند رؤوسه المدببة.

c- متساوية في كل نقاطه.

d- كل الاحتمالات السابقة.

2- في حالة المجال الكهربائي المنتظم يكون :

a- المجال فيه متغير المقدار في جميع نقاطه .

b- المجال فيه ثابت المقدار والاتجاه في جميع نقاطه .

c- المجال فيه ثابت الاتجاه في جميع نقاطه.

d- المجال فيه متغير المقدار والاتجاه في جميع نقاطه.

3-الجهد الكهربائي لنقاط بين لوحين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين ومتساويين:

a- موجباً دائماً .

b- سالباً دائماً

c- موجباً أو سالباً .

d- ربما موجباً وربما سالباً أو صفراً.

4- إذا وضعت شحنة كهربائية طليقة في مجال كهربائي فانها تتحرك:

a- باتجاه المجال دائماً .

b- بعكس اتجاه المجال دائماً .

c- باتجاه المجال إذا كانت موجبة وبعكسه إذا كانت سالبة.

d- عمودية على المجال .

5-كرة موصلة مشحونة ومعزولة جهد احدى نقاط سطحها فولطاً واحداً . فأن الجهد في مركزها :

a- فولطاً واحداً .

b- صفراً

c- اقل من فولط واحد واكبر من الصفر.

d- أكبر من فولط واحد.

س2- ضع علامة (√) على العبارة الصحيحة وعلامة (×) على العبارة الخاطئة مع تصحيح الخطأ أن وجد دون أن تغير ماتحته خط:-

1- قوة التجاذب أو التنافر الكهربائي بين جسمين مشحونين أكبر من قوة الجذب التثاقلي بين كتلتيهما.

2- يجذب الالكترون بروتون النواة في الذرة بقوة أقل من القوة التي يجذب بها البروتون للالكترون.

3- جميع نقاط الكرة الموصلة المشحونة تكون بالجهد نفسه.

4- أشباه الموصلات تكون دائماً موصلة جيدة للكهربائية.

5- قانون كولوم ينطبق على الشحنات الكهربائية المتساوية فقط.

6- قانون كولوم ينطبق على الشحنات الكهربائية كبيرة الحجم.

7- تتوزع الشحنة الكهربائية على سطح موصل منتظم بصورة متجانسة

8- سطح الكرة الموصلة المشحونة المعزولة هو سطح تساوي جهد.

9- تكون خطوط القوة الكهربائية متوازية في المجال الكهربائي المنتظم.

10- يمكن شحن الكرة الارضية بشحنة كهربائية موجبة.

11- لايمكن لخطوط القوة الكهربائية أن تتقاطع.

12- إذا وضعت شحنة كهربائية معينة في مجال كهربائي منتظم فان القوة الكهربائية التي تؤثر عليها تكون ثابتة المقدار والاتجاه.

س3- هل يمكن تقاطع خطان من خطوط القوى الكهربائية ؟ ولماذا؟

س4- كيف تفسر تساوي الجهد لجميع نقاط الموصل المشحون والمعزول؟

س5- علل عدم وجود مجال كهربائي داخل كرة معدنية مشحونة ومعزولة ؟

س6- اذا كان جهد نقطة معينة صفراً فهل من الضروري أن يكون المجال الكهربائي صفراً ؟

س7- ايهما اكبر جهد نقطة داخل كرة معدنية مشحونة أم جهد نقطة على سطحها؟ ولماذا؟

س8- ما الصاعقة ؟ وما مانعة الصواعق؟ وكيف تعمل لحماية الابنية والمنشأت؟

س9- ما البرق وكيف يحصل؟

س10- لماذا نرى البرق قبل سماع صوت الرعد الناتج عنه؟

س11- المجال الكهربائي داخل كرة معدنية مجوفة مشحونة ومعزولة يساوي صفراً . فهل هذا يعني أن الجهد داخل الكرة يساوي صفراً؟

مسائل

س1 - ما مقدار قوة التنافر بين شحنتين نقطيتين متساويتين، مقدار كل منهما $(1\mu C)$ وعلى بعد $(10\ cm)$ عن بعضهما ؟

ج/ $F = 0.9N$

س2- وضعت الشحنتان النقطيتان $(+3\ \mu C)$ $(+27\ \mu C)$ على خط مستقيم تفصلهما مسافة متر واحد . فأين يجب وضع الشحنة النقطية الثالثة حتى تصبح محصلة القوى المؤثرة عليها من قبل الشحنتين صفراً ؟

ج/ $x = 25cm$

بعد الشحنة النقطية q_3 عن الشحنة q_1

س3- اذا كان فرق الجهد بين نقطتين B,A 60v فما الشغل اللازم لنقل

a- بروتون $(q=+e)$ من A الى B

b- الكترون $(q=-e)$ من A الى B

ج/ $a-\ W_{AB}=(-9.6\times10^{-18}J)$ $\quad$ $b-\ W_{AB}=(+9.6\times10^{-18}J)$

س4- سطحان متوازيان من سطوح تساوي الجهد ، جهد النقطة (a) فيه يساوي $10v$ وجهد النقطة (b) فيه يساوي $(-2v)$ والبعد بينهما $(4mm)$ أحسب المجال الكهربائي بين النقطتين .

ج/ $E=3000N/c$

س5- نقطة (A) تبعد $(0.5m)$ عن مركز كرة مشحونة بشحنه مقدارها $1\times10^{-3}\mu C$ ونقطة (B) تبعد $(0.9m)$ عن مركز هذه الكرة احسب الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها $(2\mu C)$ من نقطة (B) الى نقطة (A)

ج/ $W=(16\times10^{-6}J)$

الشغل الموجب يكافئ الطاقة المنقولة الى الجسم المشحون.

س6- وضعت شحنة مقدارها$(6\mu C)$ على بعد $(1.2m)$ من شحنة اخرى مقدارها $(5\mu c)$ في الفراغ احسب الشغل المبذول لتحريك الشحنة الثانية لتصبح على بعد $(0.9m)$ عن الشحنة الاولى.

ج/ $W=(+0.075J)$

الشغل الموجب يكافئ الطاقة المنقولة الى الشحنة.

المحتويات

ارشادات بيئية

* بيئة نظيفة تعني حياة افضل

* عندما تكون للبيئة اولوية .... البيئة تدوم

* الماء شريان الحياة فحافظ عليه من التلوث

* حماية البيئة مسؤولية الجميع .... فلنعمل لحمايتها

* بالتشجير تصبح بيئتك ابهى

* لنعمل من اجل بيئة افضل ووطن اجمل

* ان اقتلعت شجرة او نبتة مضطراً فازرع غيرها

* حافظ على بيئتك لتنعم بحياة افضل

* بيئة الانسان مرآة لوعيه

* لنعمل معاً .... من اجل عراق خال من التلوث

* يد بيد من اجل وطن اجمل

* بيئتك حياتك .... فساهم من اجل جعلها مشرقة

* البيئة السليمة تبدأ بك

* من اجل الحياة على الارض .... انقذوا أنهارها